

MEDAN GRAVITASI BUMI

1. Pendahuluan
2. Medan Gravitasi Bumi
3. Contoh Soal

1. Pendahuluan

Medan gravitasi bumi merupakan medan gaya tarik ke pusat gravitasi bumi, disebabkan oleh karena masa bumi yang begitu besar, yang mampu menimbulkan medan percepatan gravitasi.

Medan ini merupakan medan alamiah yang bertanggung jawab dalam menimbulkan ***gaya berat*** pesawat udara. Secara umum, gaya berat yang dialami oleh pesawat udara akibat medan gravitasi bumi ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = m g$$

dimana, ***W*** menyatakan gaya berat pesawat udara, ***m*** adalah masa pesawat udara dan ***g*** adalah percepatan medan gravitasi bumi.

Peran medan gravitasi bumi dalam membangkitkan gaya berat dinyatakan oleh ***percepatan gravitasi g*** yang sangat bergantung pada jarak pesawat udara terhadap pusat gravitasi bumi dan posisi geografis.

2. Medan Gravitasi Bumi

- Medan gravitasi bumi menimbulkan *percepatan gravitasi g* dengan arah menuju ke pusat bumi. Percepatan gravitasi bersama dengan *massa pesawat udara m* menimbulkan *gaya berat W* sebesar:

$$W = m \cdot g$$

- Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa dua benda yang berada dalam medan gravitasi akan saling tarik-menarik dengan gaya sebanding dengan massa kedua benda tersebut, dan berbanding terbalik dengan kwadrat jarak antara kedua benda tersebut.

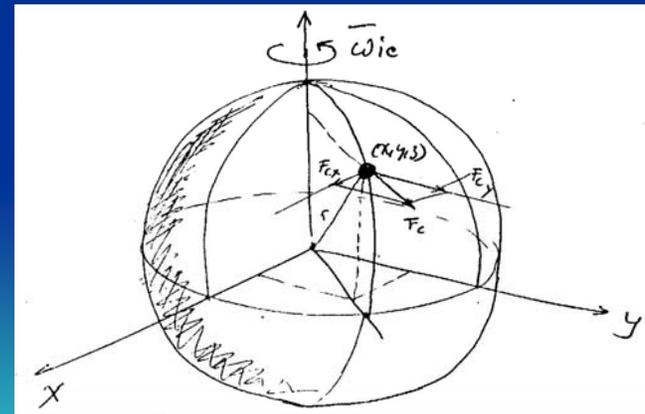
- Pesawat udara bermassa m yang terbang pada ketinggian h diatas permukaan bumi bermassa M_e dan jari-jari rata-rata di ekuator R_e , akan saling tarik-menarik dengan gaya gravitasi sebesar:

$$F_g = G \frac{m \cdot M_e}{(R_e + h)^2}$$

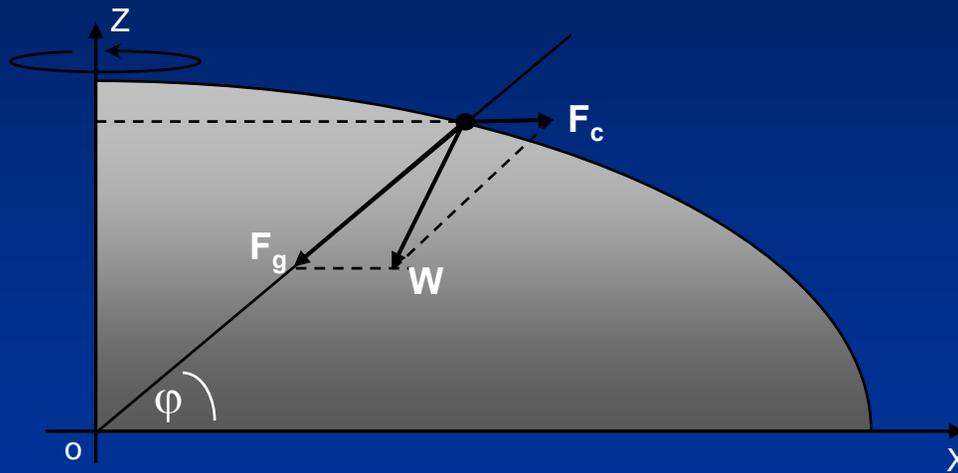
G adalah konstanta gravitasi universal

- Akibat perputaran bumi pada porosnya dengan kecepatan putaran ω_e , maka pesawat udara dengan masa m juga mengalami gaya sentrifugal sebesar:

$$F_c = m \omega_e^2 (R_e + h) \cos \varphi$$



- Gaya sentrifugal bersama-sama dengan gaya gravitasi akan membentuk gaya berat pesawat udara yang arahnya sedikit bergeser tidak persis menuju ke pusat bumi.



- Besarnya gaya berat pesawat udara dapat didekati dengan:

$$\begin{aligned}
 W &= m g \approx F_g - F_c \cos \varphi \\
 &= G \frac{m M_e}{(R_e + h)^2} - m \omega_e^2 (R_e + h) \cos^2 \varphi
 \end{aligned}$$

Atau

$$g = \frac{G M_e}{(R_e + h)^2} - \omega_e^2 (R_e + h) \cos^2 \varphi$$

- Pada permukaan laut di daerah ekuator, dimana $h=0$ dan $\varphi = 0$, harga percepatan gravitasi g_0 dapat dihitung dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} G &= 6,67 \times 10^{-11} \text{ [Nm}^2 \text{/kg}^2 \text{]} \\ M_e &= 5,98 \times 10^{24} \text{ [kg]} \\ R_e &= 6.371 .000 \text{ [m]} \\ \omega_e &= 7,29 \times 10^{-5} \text{ [rad / det]} \end{aligned}$$

sehingga:

$$g_0 = 9,8268 - 0,0338 = 9,7930 \frac{\text{m}}{\text{det}^2}$$

- Pada posisi $\phi = 45^\circ$ lintang utara, harga percepatan gravitasi pada permukaan laut dihitung sebesar:

$$g_0 = 9,8268 - 0,0169 = 9,8099 \frac{\text{m}}{\text{det}^2}$$

- Bandingkan dengan harga yang dipakai oleh International Standard Organisation (ISO), dimana: $g_0 = 9,80665 \text{ m/det}^2$, yang merupakan harga rata-rata pada posisi tersebut.
- Pada aplikasi sehari-hari, besarnya pengaruh gaya sentrifugal dalam perhitungan percepatan gravitasi yang bervariasi terhadap ketinggian boleh diabaikan, sehingga dari persamaan di atas diperoleh:

$$g(h) = \frac{GM_e}{(R_e + h)^2}$$

- Perbandingan harga percepatan gravitasi pada tinggi terbang tertentu dengan percepatan gravitasi di permukaan laut ($h=0$) dapat ditulis sebagai berikut:

$$g(h) = g_0 \frac{R_e^2}{(R_e + h)^2}$$

- Harga percepatan gravitasi pada beberapa tinggi terbang adalah:

No.	h [m]	g(h) [m/det ²]
1	0	9,80665
2	1.000	9,80374
3	10.000	9,77758
4	20.000	9,74863
5	80.000	9,57763
6	400.000	8,73733
7	6.371.000	2,45166
8	36.000.000	0,24333

- Model percepatan gravitasi pada muka laut dengan pengaruh geografis (latituda) dapat ditulis sebagai berikut:

$$g_0(\varphi) = 9,80616(1 - 0,0026373 \cos 2\varphi + 0,0000059 \cos^2 2\varphi)$$

- Harga percepatan gravitasi pada beberapa posisi garis lintang adalah:

No.	φ [deg]	$g(\varphi)$ [m/det ²]
1	0 (equator)	9,78035
2	45 (tengah)	9,80616
3	90 (kutub)	9,83208

- **Formula gravitasi Internasional yang juga bisa digunakan:**

Rumus Jeffreys :

$$g = g_0 \left[1 + 0.0052891 \sin^2 \varphi_C + 0.0000059 \sin^2 2\varphi \right]$$

Rumus Airy :

$$g = g_0 \left[1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi_C - 0.0000059 \sin^2 2\varphi \right]$$

Dengan harga g_0 sebagai berikut:

$$g_0 = 9,80616 (1 - 0,0026373 \cos 2\varphi + 0,0000059 \cos^2 2\varphi)$$

3. Contoh Soal

Hitung dan bandingkan besarnya percepatan gravitasi untuk daerah:

1. Ekuator, dengan tinggi terbang $H = 10 \text{ km}$, 400 km , dan 40.000 km
2. Lintang Utara 45° , pada $H = 10 \text{ km}$, 400 km , dan 40.000 km
3. Kutub Utara, dengan tinggi terbang $H = 10 \text{ km}$, 400 km , dan 40.000 km
4. Dari jawaban pertanyaan 1 sampai dengan 3 di atas, bagaimana pengaruh letak geografi apabila tinggi terbang sangat tinggi ?
5. Dengan menggunakan pendekatan, kira-kira pada tinggi terbang berapa besarnya gravitasi bumi sudah tidak berpengaruh.

Catatan:

Perhatikan SATUAN untuk masing-masing variabel yang dihitung !!!