

Hukum Gravitasi

A. HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI

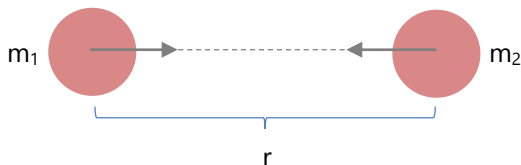
- **Gaya gravitasi** tergolong menjadi gaya tidak sentuh.

Gaya gravitasi antara dua benda adalah gaya tarik-menarik dan harganya berbanding lurus dengan massa masing-masing benda, dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.

- **Persamaan umum** gaya gravitasi untuk dua benda sejajar yang memiliki jarak menurut hukum Newton adalah:

$$F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

F_g = resultan gaya gravitasi (N)
 G = tetapan gravitasi ($\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$)
 m = massa benda (kg)
 r = jarak kedua pusat benda (m)



- **Tetapan gravitasi** ditemukan oleh seorang ilmuwan Inggris, Henry Cavendish pada 1798 menggunakan neraca torsi, sehingga diketahui memiliki nilai:

$$G = 6,672 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$$

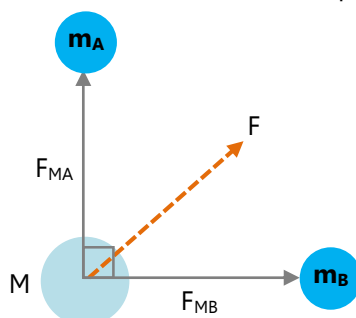
- **Massa sebuah planet/benda** yang sangat besar terhadap sebuah benda yang lebih kecil dapat dihitung:

$$M = \frac{F_g \cdot r^2}{G \cdot m}$$

M = massa planet (kg)
 F_g = resultan gaya gravitasi (N)
 r = jarak kedua pusat benda (m)
 G = tetapan gravitasi
 m = massa benda (kg)

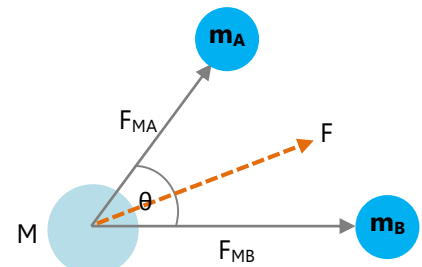
- **Apabila sebuah benda** mengerjakan dua atau lebih gaya gravitasi, digunakan konsep vektor:

- 1) Membentuk sudut siku-siku terhadap benda



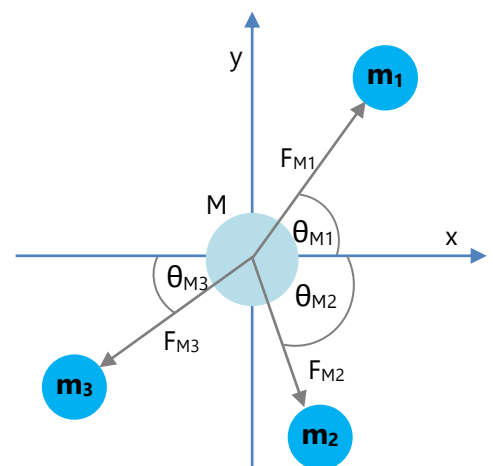
$$F = \sqrt{F_{MA}^2 + F_{MB}^2}$$

- 2) Membentuk sudut selain siku-siku terhadap benda



$$F = \sqrt{F_{MA}^2 + F_{MB}^2 + 2F_{MA} \cdot F_{MB} \cdot \cos \theta}$$

- 3) Tiga benda atau lebih



$$\Sigma F_x = F_{x1} \pm F_{x2} \pm \dots \pm F_{xn}$$

$$F_x = F \cdot \cos \theta$$

$$\Sigma F_y = F_{y1} \pm F_{y2} \pm \dots \pm F_{yn}$$

$$F_y = F \cdot \sin \theta$$


$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$


B. MEDAN GRAVITASI


- **Medan gravitasi** adalah medan yang menyebar dari benda bermassa dan memenuhi ruang di sekitarnya yang berupa gaya gravitasi.
- **Berarti**, benda bermassa lain yang terdapat dalam medan tersebut **akan mengalami** gaya gravitasi.
- **Gaya gravitasi bumi** membuat seluruh benda yang ada di medan gravitasinya akan tertarik menuju pusat bumi.
- **Kuat medan gravitasi** didefinisikan sebagai gaya gravitasi per satuan massa benda dalam suatu medan, dapat dirumuskan:

$$g = \frac{F}{m}$$

$$g = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

 **Kuat medan gravitasi** dapat dianggap sebagai **percepatan gravitasi** apabila suatu benda tidak dalam keadaan diam.

 **Gaya dan percepatan gravitasi** berbanding terbalik dengan ketinggian/jarak benda/titik terhadap pusat gravitasi.


 **Percepatan gravitasi** di berbagai ketinggian di bumi berbeda-beda, dapat dihitung:

$$g = \frac{G \cdot M}{(R + h)^2}$$


R = jari-jari bumi (m)
h = ketinggian benda dari permukaan bumi (m)


$$g' = \left(\frac{R}{R+h} \right)^2 g$$

g' = percepatan gravitasi di ketinggian h (m/s²)
g = percepatan gravitasi di permukaan bumi (m/s²)

 **Perbandingan percepatan gravitasi** di permukaan bumi dengan suatu ketinggian berlaku dalam persamaan:


$$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R+h} \right)^2$$

 Sama halnya dengan gaya gravitasi, dua atau lebih percepatan gravitasi yang bekerja di suatu titik/benda dapat dihitung resultannya dengan konsep vektor.

 **Data penting** tentang ukuran-ukuran yang berhubungan dengan astronomi:

Besaran	Nilai
Massa matahari	$2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
Massa bumi	$6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
Jari-jari bumi	$6,4 \times 10^6 \text{ m}$
Jari-jari orbit bumi terhadap matahari	$1,5 \times 10^{11} \text{ m}$
Periode revolusi bumi terhadap matahari	1 tahun atau $3,0 \times 10^7 \text{ s}$

C. APLIKASI HUKUM GRAVITASI NEWTON


 **Perbandingan percepatan gravitasi** antara dua buah planet berlaku dalam persamaan berikut:

$$\frac{g_B}{g_P} = \left(\frac{m_B}{m_P} \right) \cdot \left(\frac{R_P}{R_B} \right)^2$$


 **Jika massa jenis planet diketahui**, maka dapat diubah menjadi massa:

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3} \quad m = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$$


selanjutnya dari rumus diatas dapat dibuat perbandingan.

 **Gaya gravitasi** berperan sebagai **gaya sentripetal** planet, yang menjaga agar planet tetap mengitari matahari pada orbitnya.

$$F_g = F_s \quad \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$

 **Percepatan sentripetal** planet menjaga planet agar tetap mengitari matahari pada orbitnya.

$$a_s = \frac{v^2}{r} \quad a_s = \omega^2 \cdot r$$

 **Kelajuan orbit** planet dalam mengitari matahari:

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T}$$

T = periode revolusi planet terhadap matahari (s)

 **Kelajuan satelit** mengorbit planet:

a. Dekat permukaan

$$v = \sqrt{g \cdot R_p}$$


v = kelajuan satelit (m/s)
g = percepatan gravitasi (m/s²)
R_p = jari-jari planet (m)

b. Jauh dari permukaan


$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} \quad v = \sqrt{\frac{g \cdot R_p^2}{R}}$$

R_p = jari-jari planet (m)
R = ketinggian orbit satelit (m)

D. HUKUM KEPLER

 **Hukum Kepler I** (hukum lintasan elips):

Planet bergerak mengelilingi matahari pada lintasan elips dengan matahari berada di salah satu titik fokus elips.

 **Hukum Kepler II** (hukum gerak planet):

Garis khayal yang menghubungkan matahari dengan planet memiliki luas juring yang sama dalam waktu yang sama.

 **Hukum Kepler III** (hukum harmonik):

Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari jari-jari elips adalah konstan untuk semua planet.

 **Hukum Kepler III** dapat dirumuskan:


$$\frac{T^2}{R^3} = k$$

T = periode revolusi planet (s)
R = jari-jari orbit planet (m)
k = nilai konstan


jika dihubungkan dengan **hukum gravitasi Newton**, didapat persamaan untuk konstanta:

$$k = \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$



E. KEKALKAN ENERGI MEKANIK PADA GRAVITASI

-  **Gaya gravitasi** mempengaruhi gaya berat benda di bumi.

$$w = m \cdot g$$

-  **Usaha gravitasi** adalah usaha yang dilakukan gaya gravitasi untuk memindahkan sebuah massa dari suatu ketinggian ke ketinggian lain, dapat dirumuskan:

$$W_g = GMm \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

-  **Setiap benda bermassa** bila dipengaruhi medan gravitasi benda lain, maka benda tersebut akan mempunyai energi potensial gravitasi.
-  **Energi potensial gravitasi** didefinisikan sebagai hasil kali potensial gravitasi dengan massa benda. dengan beda potensial gravitasi sebesar:

$$V = - \frac{G \cdot M}{r}$$

dan $E_p = V \cdot m$, maka energi potensial gravitasi,

$$E_p = - \frac{GMm}{r}$$