



HUKUM GRAVITASI

A. HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI

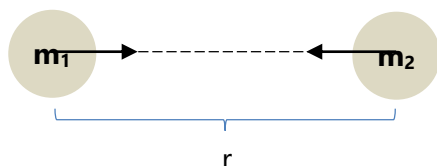
 **Gaya gravitasi** tergolong menjadi gaya tidak sentuh.


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:

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

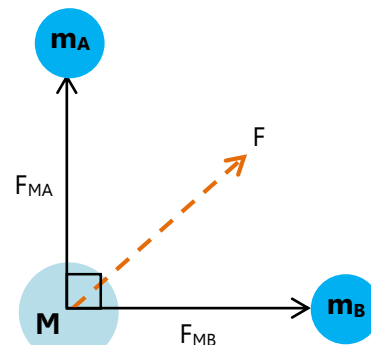
 **Massa sebuah planet/benda** yang sangat besar terhadap sebuah benda yang lebih kecil dapat dihitung:

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

M = massa planet (kg)
 F_g = resultan gaya gravitasi (N)
 r = jarak kedua pusat benda (m)
 G = tetapan gravitasi ($6,672 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$)
 m = massa benda (kg)

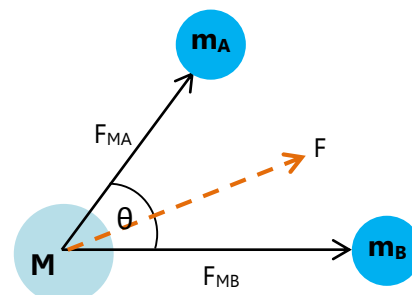
 **Apabila sebuah benda** mengerjakan dua atau lebih gaya gravitasi, dapat digunakan konsep vektor:

1) Membentuk sudut siku-siku terhadap benda



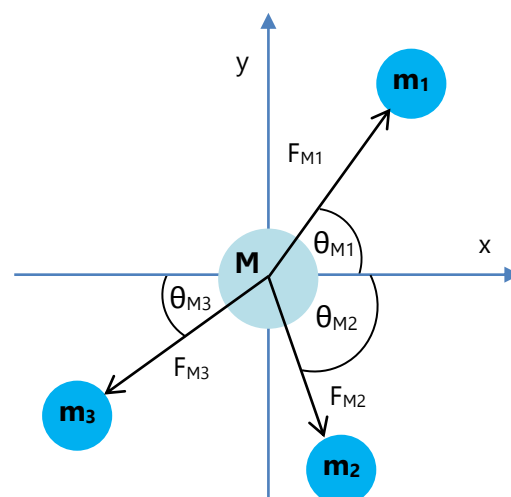
$$F = \sqrt{F_{MA}^2 + F_{MB}^2}$$

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



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

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

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

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

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

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:

$$g = \frac{F}{m} \quad g = \frac{G.M}{r^2}$$

- 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:

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

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

Massa matahari $2,0 \times 10^{30}$ kg.

Massa bumi $6,0 \times 10^{24}$ kg.

Jari-jari bumi $6,4 \times 10^6$ m.

Jari-jari orbit bumi terhadap matahari $1,5 \times 10^{11}$ m.

Periode revolusi bumi terhadap matahari 1 tahun atau $3,0 \times 10^7$ 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:

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

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

selanjutnya dari rumus diatas dapat dibuat perbandingan.

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

$$F_g = F_s$$

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

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

$$a_s = \frac{v^2}{r}$$

$$a_s = \omega^2 \cdot r$$

- Kelajuan orbit** planet dalam mengitari matahari adalah:

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

T = periode revolusi planet terhadap matahari (s)

- Kelajuan satelit** mengorbit planet adalah:
 - 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


$$v = \sqrt{\frac{G.M}{R}}$$

$$v = \sqrt{\frac{g.R_p^2}{R}}$$


R_p = jari-jari planet (m)

R = ketinggian orbit satelit (m)

D. HUKUM KEPPLER

 **Hukum Keppler I** dikenal sebagai hukum lintasan elips.

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

 **Hukum Keppler II** dikenal sebagai hukum gerak planet.

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

 **Hukum Keppler III** dikenal sebagai hukum harmonik.

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

 **Hukum Keppler 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

 **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:

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

dan $E_p = V.m$, maka energi potensial gravitasi,

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