

Materi Kuliah
Fisika Mekanika

Gravitasi

Dosen :
Tri Surawan, M.Si

Fakultas Teknik
Universitas Jayabaya

Pokok Bahasan

1. Hukum Gravitasi Newton
2. Energi Potensial Gravitasi
3. Gerak Satelit
4. Hukum Kepler dan Gerak Planet

Hukum Gravitasi Newton

- Hukum Newton tentang Gravitasi menyatakan bahwa :
 - *Semua benda di alam akan menarik benda lain dengan gaya yang besarnya sebanding dengan hasil kali kedua massa partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.*
- Secara matematis dapat dirumuskan :

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

dimana :

F = gaya gravitasi (N)

M,m = massa kedua benda (kg)

R = jarak antara dua benda (m)

G = konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$)

Percepatan Gravitasi

- Percepatan gravitasi atau kuat medan gravitasi menyatakan besarnya gaya gravitasi yang dirasakan benda per satuan massa.
- Secara matematis dapat dirumuskan :

dengan : $\mathbf{g} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{m}}$ atau $\mathbf{g} = \mathbf{G} \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{R}^2}$

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

F = gaya gravitasi (N)

m = massa benda yang dikenai gravitasi (kg)

M = massa benda sumber gravitasi (kg)

R = jarak titik ke pusat sumber gravitasi (m)

G = konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$)

Contoh soal

Hitunglah percepatan gravitasi pada Bulan jika jari-jari Bulan kira-kira $1,74 \times 10^6$ m dan massanya $7,35 \times 10^{22}$ kg .

Penyelesaian :

Percepatan gravitasi pada permukaan bulan adalah :

$$g = G \frac{M}{R^2} = \left(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2 \right) \frac{\left(7.35 \times 10^{22} \text{ kg} \right)}{\left(1.74 \times 10^6 \text{ m} \right)^2} = \boxed{1.62 \text{ m/s}^2}$$

Contoh soal

Dua buah benda A dan B berjarak 30 cm. Massa A sebesar 24 kg dan massa B sebesar 54 kg. Dimanakah tempat suatu titik yang memiliki kuat medan gravitasi sama dengan nol?

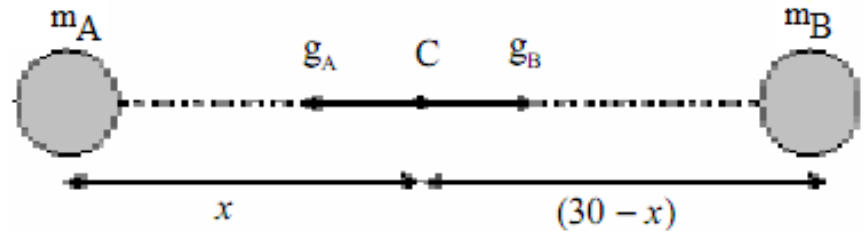
Penyelesaian :

Diketahui :

$$m_A = 24 \text{ kg}$$

$$m_B = 54 \text{ kg}$$

$$R = 30 \text{ cm}$$



Di titik C kuat medan gravitasi nol jika g_A sama dengan g_B .

$$\begin{aligned} g_B &= g_A \\ G \frac{m_B}{(30 - x)^2} &= G \frac{m_A}{x^2} \\ \frac{54}{(30 - x)^2} &= \frac{24}{x^2} \end{aligned}$$

Kedua ruas di bagi 6 kemudian diakar dapat diperoleh:

$$\frac{3}{(30 - x)} = \frac{2}{x}$$

$$3x = 60 - 2x$$

$$5x = 60$$

$$x = 12 \text{ cm}$$

Berarti titik C berjarak 12 cm dari benda A atau 18 cm dari benda B.

Contoh soal

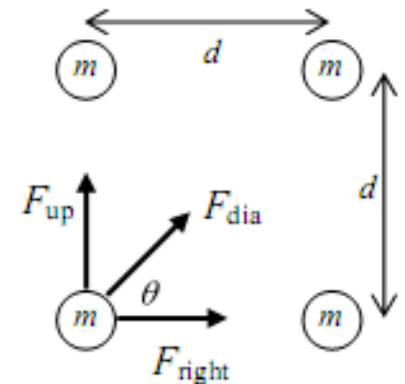
Empat bola masing-masing bermassa 9,5 kg ditempatkan pada sudut suatu bujur sangkar dengan sisi 0,60 m. Hitung besar dan arah gaya gravitasi pada salah satu bola yang disebabkan oleh tiga bola yang lain.

Penyelesaian :

Bila diuraikan menurut sumbu x dan sumbu y :

$$F_x = F_{\text{right}} + F_{\text{dia}} \cos \theta = G \frac{m^2}{d^2} + G \frac{m^2}{(\sqrt{2}d)^2} \frac{1}{\sqrt{2}} = G \frac{m^2}{d^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

$$F_y = F_x = G \frac{m^2}{d^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$



$$\theta = 45^\circ$$

Menurut Rumus Pythagoras :

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{2F_x^2} = F_x \sqrt{2} = G \frac{m^2}{d^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) \sqrt{2} = G \frac{m^2}{d^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

$$= \left(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2 \right) \frac{(9.5 \text{ kg})^2}{(0.60 \text{ m})^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = \boxed{3.2 \times 10^{-8} \text{ N at } 45^\circ}$$

Energi Potensial Gravitasi

- Setiap benda yang berada dalam medan gravitasi akan memiliki energi potensial yang besarnya :

$$E_p = -G \frac{Mm}{R}$$

- Gaya gravitasi termasuk gaya konservatif sehingga gayanya menghasilkan kerja yang tidak mengubah energi mekanik benda.

$$EM = EP + EK \quad \rightarrow \text{(tetap)}$$

Contoh

Sebuah pesawat antariksa bermassa 1 ton akan diluncurkan dari permukaan bumi. Jari-jari bumi $R = 6,38 \times 10^6$ m dan massa bumi $5,98 \times 10^{24}$ kg.

Tentukan:

- a. energi potensial pesawat saat di permukaan bumi,
- b. kecepatan awal pesawat agar tidak kembali lagi ke bumi.

Penyelesaian :

a. Energi potensial pesawat dipermukaan bumi sebesar :

$$\begin{aligned} E_p &= -G \frac{Mm}{R} \\ &= -6,67 \times 10^{-11} \frac{(5,98 \times 10^{24})(10^3)}{6,38 \times 10^6} \\ &= -6,25 \times 10^{10} \text{ Joule} \end{aligned}$$

b. Pada gerak pesawat berlaku hukum kekekalan energi mekanik.
Karena tidak kembali berarti energi akhirnya nol.

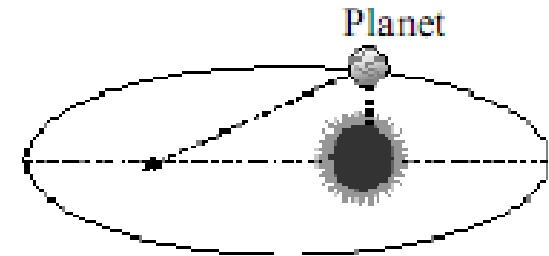
$$EP + EK = 0$$

$$\begin{aligned} -G \frac{Mm}{R} + \frac{1}{2} m v_o^2 &= 0 \\ v_o &= \sqrt{\frac{2GM}{R}} \\ &= \sqrt{\frac{(2)(6,67 \times 10^{-11})(5,98 \times 10^{24})}{6,38 \times 10^6}} \\ &= \sqrt{12,5 \times 10^7} \\ &= 11180,3 \text{ m/s} \\ &= 1,1 \times 10^4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kecepatan v_o ini dinamakan **kecepatan lepas**.

Hukum Kepler dan Gerak Planet

- Hukum Kepler I menyatakan :
 - *Lintasan setiap planet mengelilingi matahari merupakan sebuah elips dengan matahari terletak pada salah satu titik fokusnya.*
- Hukum Kepler II menyatakan :
 - *Garis yang menghubungkan Matahari dengan planet dalam selang waktu yang sama menghasilkan luas juring yang sama.*
- Hukum Kepler III menyatakan :
 - *Kuadrat periode planet mengitari matahari sebanding dengan pangkat tiga jarak planet dari matahari.*



Contoh

Planet jupiter memiliki jarak orbit ke matahari yang diperkirakan sama dengan 4 kali jarak orbit bumi ke matahari. Jika periode revolusi bumi mengelilingi matahari adalah 1 tahun, berapakah periode jupiter tersebut mengelilingi matahari?

Penyelesaian :

Diketahui :

$$R_B = R \quad T_B = 1 \text{ tahun}$$

$$R_J = 4 R$$

Ditanyakan : $T_J = \dots ?$

Jawab :

Berdasarkan hukum III Kepler maka periode Jupiter dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\left(\frac{T_J}{T_B} \right)^2 = \left(\frac{R_J}{R_B} \right)^3$$

$$\frac{T_J}{1} = \sqrt{\left(\frac{4R}{R} \right)^3}$$

$$\frac{T_J}{1} = \sqrt{4^3}$$

Jadi periode Jupiter adalah :

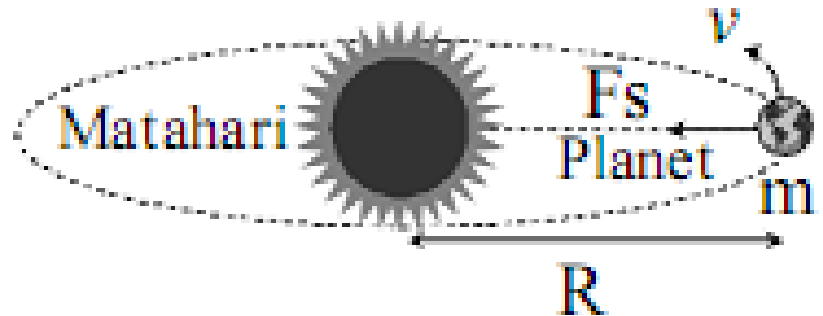
$$\begin{aligned} T_J &= 2^3 \\ &= 8 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Kecepatan Orbit Planet

- Agar planet dapat mengorbit dengan lintasan yang tetap dan tidak lepas maka selama gerakanya harus bekerja gaya sentripetal.
- Gaya sentripetal ini berasal dari gaya gravitasi sehingga dapat ditentukan kecepatan orbitnya seperti berikut.

$$F_s = F_G$$

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$$



- Jadi kecepatan orbit planet adalah :

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad \text{atau} \quad v = \sqrt{gR}$$

- Periode edar planet adalah :

$$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{gR}}$$

Contoh

Matahari memiliki massa 2×10^{30} kg dan jarak orbit bumi ke matahari adalah $1,5 \times 10^{11}$ m. (Diketahui $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$). Berapakah kecepatan bumi mengelilingi matahari?

Penyelesaian :

Diketahui :

$$M_M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$R = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

Ditanyakan : $v_B = \dots ?$

Jawab :

Kecepatan bumi mengelilingi matahari adalah :

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{G \frac{M}{R}} \\ &= \sqrt{(6,67 \times 10^{-11}) \frac{(2 \times 10^{30})}{(1,5 \times 10^{11})}} \\ &= \sqrt{8,89 \times 10^8} \\ &= 2,98 \times 10^4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Gerak Satelit

- Satelit adalah benda langit yang mengorbit pada planet.
 - Contohnya
 - Satelit bumi adalah bulan.
 - Saat ini telah dibuat banyak sekali satelit buatan.
- Gerak-gerak satelit pada planet ini sangat mirip sekali dengan gerak planet mengitari matahari.
- Hukum-hukum yang berlaku pada planet juga berlaku pada satelit.

Terima Kasih