

HUKUM - HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.

GERAK DAN GAYA.

Gaya : ialah suatu tarikan atau dorongan yang dapat menimbulkan perubahan gerak.

Dengan demikian jika benda ditarik/didorong dan sebagainya maka pada benda bekerja gaya dan keadaan gerak benda dapat dirubah.

Gaya adalah penyebab gerak.

Gaya termasuk besaran vektor, karena gaya ditentukan oleh besar dan arahnya.

HUKUM I NEWTON.

Jika resultan dari gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda sama dengan nol ($\sum \vec{F} = 0$), maka benda tersebut :

- Jika dalam keadaan diam akan tetap diam, atau
- Jika dalam keadaan bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan.

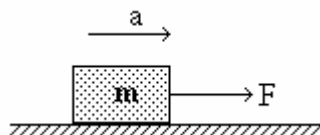
Keadaan tersebut di atas disebut juga Hukum KELEMBAMAN.

Kesimpulan : $\sum \vec{F} = 0$ dan $a = 0$

Karena benda bergerak translasi, maka pada sistem koordinat Cartesius dapat dituliskan $\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$.

HUKUM II NEWTON.

Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dan searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa benda.



$$a \propto \frac{F}{m} \quad \text{atau} \quad F \propto m \cdot a$$

$$F = k \cdot m \cdot a$$

dalam S I konstanta $k = 1$ maka : $F = m \cdot a$

Satuan :

BESARAN	NOTASI	MKS	CGS
Gaya	F	newton (N)	dyne
Massa	m	kg	gram
Percepatan	a	m/det ²	cm/det ²

MASSA DAN BERAT.

Berat suatu benda (w) adalah besarnya gaya tarik bumi terhadap benda tersebut dan arahnya menuju pusat bumi. (vertikal ke bawah).

Hubungan massa dan berat :

$$w = m \cdot g$$

w = gaya berat.

m = massa benda.

g = percepatan gravitasi.

Satuan :

BESARAN	NOTASI	MKS	CGS
Gaya berat	W	newton (N)	dyne
Massa	M	kg	gram
Grafitasi	G	m/det ²	cm/det ²

Perbedaan massa dan berat :

- * Massa (m) merupakan besaran skalar di mana besarnya di sembarang tempat untuk suatu benda yang sama selalu TETAP.
- * Berat (w) merupakan besaran vektor di mana besarnya tergantung pada tempatnya (percepatan gravitasi pada tempat benda berada).

Hubungan antara satuan yang dipakai :

$$1 \text{ newton} = 1 \text{ kg.m/det}^2$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \text{ gr.cm/det}^2$$

$$1 \text{ newton} = 10^5 \text{ dyne}$$

$$1 \text{ kgf} = g \text{ newton (} g = 9,8 \text{ m/det}^2 \text{ atau } 10 \text{ m/det}^2 \text{)}$$

$$1 \text{ gf} = g \text{ dyne (} g = 980 \text{ cm/det}^2 \text{ atau } 1000 \text{ cm/det}^2 \text{)}$$

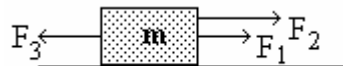
$$1 \text{ smsb} = 10 \text{ smsk}$$

smsb = satuan massa statis besar.

smsk = satuan massa statis kecil.

Pengembangan :

1. Jika pada benda bekerja banyak gaya yang horisontal maka berlaku : $\Sigma F = m \cdot a$



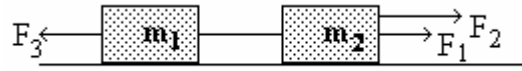
$$F_1 + F_2 - F_3 = m \cdot a$$

Arah gerak benda sama dengan F_1 dan F_2 jika $F_1 + F_2 > F_3$

Arah gerak benda sama dengan F_3 jika $F_1 + F_2 < F_3$ (tanda $a = -$)

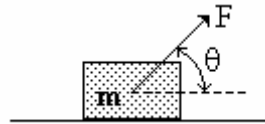
2. Jika pada beberapa benda bekerja banyak gaya yang horisontal maka berlaku :

$$\Sigma F = \Sigma m \cdot a$$



$$F_1 + F_2 - F_3 = (m_1 + m_2) \cdot a$$

3. Jika pada benda bekerja gaya yang membentuk sudut θ dengan arah mendatar maka berlaku : $F \cos \theta = m \cdot a$



HUKUM III NEWTON.

Bila sebuah benda A melakukan gaya pada benda B, maka benda juga akan melakukan gaya pada benda A yang besarnya sama tetapi berlawanan arah.

Gaya yang dilakukan A pada B disebut : ***gaya aksi.***

Gaya yang dilakukan B pada A disebut : ***gaya reaksi.***

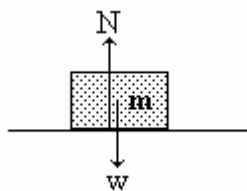
maka ditulis :

$$F_{aksi} = - F_{reaksi}$$

Hukum Newton III disebut juga Hukum Aksi - Reaksi.

1. Pasangan aksi reaksi.

Pada sebuah benda yang diam di atas lantai berlaku :



$$w = - N$$

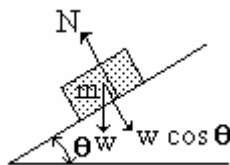
w = gaya berat benda memberikan gaya aksi pada lantai.

N = gaya normal (gaya yang tegak lurus permukaan tempat di mana benda berada).

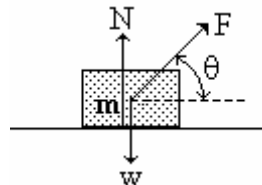
Hal ini bukan pasangan Aksi - Reaksi.

(tanda - hanya menjelaskan arah berlawanan)

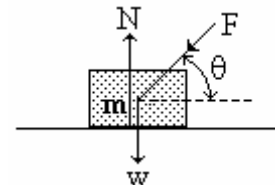
Macam - macam keadan (besar) gaya normal.



$$N = w \cos \theta$$

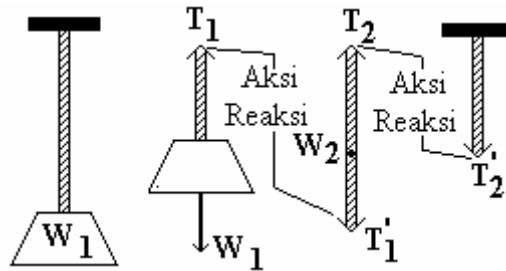


$$N = w - F \sin \theta$$



$$N = w + F \sin \theta$$

2. Pasangan aksi - reaksi pada benda yang digantung.

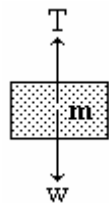


Balok digantung dalam keadaan diam pada tali vertikal. Gaya w_1 dan T_1 BUKANLAH PASANGAN AKSI - REAKSI, meskipun besarnya sama, berlawanan arah dan segaris kerja.

Sedangkan yang merupakan PASANGAN AKSI - REAKSI adalah gaya :

Demikian juga gaya T_2 dan T'_2 merupakan pasangan aksi - reaksi.

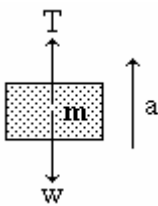
HUBUNGAN TEGANGAN TALI TERHADAP PERCEPATAN.



a. Bila benda dalam keadaan diam, atau dalam keadan bergerak lurus beraturan maka :

$$T = m \cdot g$$

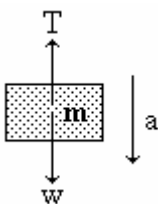
T = gaya tegangan tali.



b. Benda bergerak ke atas dengan percepatan a maka :

$$T = m \cdot g + m \cdot a$$

T = gaya tegangan tali.

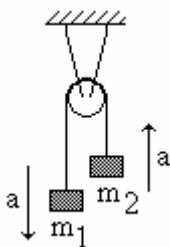


c. Benda bergerak ke bawah dengan percepatan a maka :

$$T = m \cdot g - m \cdot a$$

T = gaya tegangan tali.

GERAK BENDA YANG DIHUBUNGGAN DENGAN KATROL.



Dua buah benda m_1 dan m_2 dihubungkan dengan karol melalui sebuah tali yang diikatkan pada ujung-ujungnya. Apabila massa tali diabaikan, dan tali dengan katrol tidak ada gaya gesekan, maka akan berlaku persamaan-persamaan :

Sistem akan bergerak ke arah m_1 dengan percepatan a.

Tinjauan benda m_1

Tinjauan benda m_2

$$T = m_1 \cdot g - m_1 \cdot a \quad (\text{persamaan 1})$$

$$T = m_2 \cdot g + m_2 \cdot a \quad (\text{persamaan 2})$$

Karena gaya tegangan tali di mana-mana sama, maka persamaan 1 dan persamaan 2 dapat digabungkan :

$$m_1 \cdot g - m_1 \cdot a = m_2 \cdot g + m_2 \cdot a$$

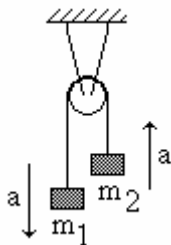
$$m_1 \cdot a + m_2 \cdot a = m_1 \cdot g - m_2 \cdot g$$

$$(m_1 + m_2) \cdot a = (m_1 - m_2) \cdot g$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} g$$

Persamaan ini digunakan untuk mencari percepatan benda yang dihubungkan dengan katrol.

Cara lain untuk mendapatkan percepatan benda pada sistem katrol dapat ditinjau keseluruhan sistem :



Sistem akan bergerak ke arah m_1 dengan percepatan a .

Oleh karena itu semua gaya yang terjadi yang searah dengan arah gerak sistem diberi tanda POSITIF, yang berlawanan diberi tanda NEGATIF.

$$\Sigma F = \Sigma m \cdot a$$

$$w_1 - T + T - T + T - w_2 = (m_1 + m_2) \cdot a$$

karena T di mana-mana besarnya sama maka T dapat dihilangkan.

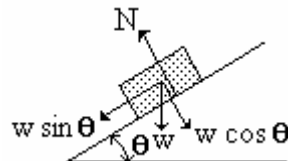
$$w_1 - w_2 = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$(m_1 - m_2) \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} g$$

BENDA BERGERAK PADA BIDANG MIRING.

Gaya - gaya yang bekerja pada benda.



Gaya gesek (fg)

Gaya gesekan antara permukaan benda yang bergerak dengan bidang tumpu benda akan menimbulkan gaya gesek yang arahnya **senantiasa berlawanan dengan arah gerak benda.**

Ada dua jenis gaya gesek yaitu :

gaya gesek statis (f_s) : bekerja pada saat benda diam (berhenti) dengan persamaan :

$$f_s = N \cdot \mu_s$$

gaya gesek kinetik (f_k) : bekerja pada saat benda bergerak dengan persamaan :

$$f_k = N \cdot \mu_k$$

Nilai $f_k < f_s$.

=====o0o=====

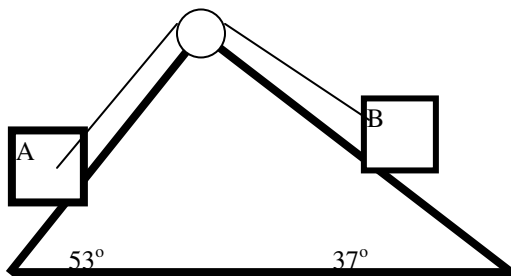
CONTOH SOAL.

(akan dibahas di kelas)

1. Sebuah benda bermassa 10 kg bergerak dengan kecepatan 5 m/s pada permukaan mendatar kasar. Koefisien gesekan statis dan kinetik antara benda dengan permukaan masing-masing 0,3 dan 0,2.
 - a. Berapa besar gaya mendatar yang diperlukan untuk mempertahankan agar benda tetap bergerak lurus dengan laju tetap.
 - b. Bila gaya ditiadakan, berapa jarak yang dibutuhkan untuk berhenti, dari saat gaya ditiadakan. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

2. Sebuah bidang kasar miring bersudut 37° dengan garis horisontal mempunyai koefisien gesekan statis 0,3 dan koefisien gesekan kinetik 0,2. Gaya F bekerja pada pusat massa benda sebesar 100 N ke atas sejajar bidang miring itu.
 - a. Lukis semua gaya-gaya yang bekerja.
 - b. Berapa F sekecil-kecilnya yang dapat mencegah agar benda itu tidak menggeser ke bawah ?
 - c. Berapa gaya F diperlukan untuk menggeser benda ke atas dengan laju tetap.
 - d. Jika besar $F = 94 \text{ N}$ hitung percepatan benda ?

3.



Jika massa $A =$ massa $B = 5 \text{ kg}$, dan koefisien kinetik benda A , Benda B dengan lantai 0,2 Hitung percepatan dan gaya tegangan tali.

TUGAS / LATIHAN SOAL

1. Kendaraan dengan massa 1000 kg mempunyai rem yang menghasilkan 3000 N.
Kendaraan bergerak dengan kecepatan 30 m/det, di rem.
 - a. Berapa lama rem bekerja sampai kendaraan berhenti.(jawab : 10 detik)
 - b. Berapa jarak yang ditempuh kendaran selama rem bekerja ? (jawab : 150 m)

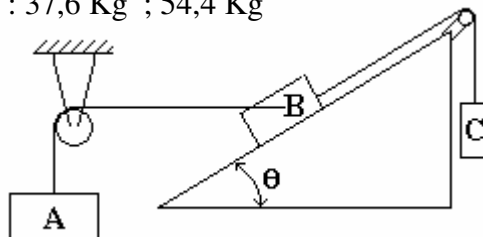
2. Sebuah benda mendapat gaya sebesar 30 N, sehingga dalam waktu 6 detik
kecepatannya menjadi 30 m/det dari keadaan diam.
Berapa berat benda jika $g = 10 \text{ m/det}^2$. (jawab : 60 N)

3. Pada sebuah benda yang mula-mula berada dalam keadaan tidak bergerak bekerja gaya K selama 4,5 detik. Setelah itu K dihilangkan dan gaya yang berlawanan arahnya dengan semula dan besarnya 2,25 N mulai bekerja pada benda tersebut, sehingga setelah 6 detik lagi kecepatannya = 0. Hitunglah gaya K. (jawab : 3 N)

4. Benda massanya 10 kg tergantung pada ujung kawat. Hitunglah besarnya tegangan kawat, jika :
 - a. Benda ke atas dengan percepatan 5 m/det^2 . (jawab : 150 N)
 - b. Benda ke bawah dengan percepatan 5 m/det^2 .(jawab : 50 N)

5. Seutas tali dipasang pada katrol dan ujung-ujung tali di beri beban 4 kg dan 6 kg. Jika gesekan tali dengan katrol diabaikan, hitung :
 - a. Percepatan. (jawab : 2 m/s^2)
 - b. gaya tegangan tali (jawab : 48 N)

6. Seandainya benda-benda yang massanya $m_A = 20 \text{ kg}$ dan $m_B = 50 \text{ kg}$ disusun sedemikian hingga terjadi kesetimbangan, dengan $\text{tg } \theta = 3/4$
Hitunglah m_C jika lantai pada bidang miring licin sempurna. (jawab : 46 Kg)
Hitunglah 2 kemungkinan jawab untuk m_C jika bidang miring kasar dengan koefisien gesekan statis 0,3 Jawab : 37,6 Kg ; 54,4 Kg



7.. Sebuah benda berada di atas bidang datar kasar dengan koefisien gesekan statis 0,4 dan koefisien gesekan kinetik 0,3 jika massa benda 10 kg, ditarik dengan gaya 50 newton mendatar, jika mula-mula diam, setelah 5 detik gaya 50 newton dihilangkan, hitunglah jarak yang ditempuh benda mulai bergerak hingga berhenti kembali. (jawab : $41\frac{2}{3}$ m)

8. Sebuah benda berada dibidang miring kasar dengan sudut kemiringan 37° dan koefisien gesekan kinetiknya 0,2 Jika massa benda 5 kg dan ditarik dengan gaya 10 newton sejajar bidang miring , tentukan arah gerak benda, tentukan pula jarak yang ditempuhnya selama 5 detik jika mula-mula dalam keadaan diam.
(jawab : ke bawah, 30 meter)

GRAFITASI

Sir Isaac Newton yang terkenal dengan hukum-hukum Newton I, II dan III, juga terkenal dengan hukum *Grafitasi Umum*. Didasarkan pada partikel-partikel bermassa senantiasa mengadakan gaya tarik menarik sepanjang garis yang menghubungkannya, Newton merumuskan hukumnya tentang grafitasi umum yang menyatakan :

Gaya antara dua partikel bermassa m_1 dan m_2 yang terpisah oleh jarak r adalah gaya tarik menarik sepanjang garis yang menghubungkan kedua partikel tersebut, dan besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan :

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

F = Gaya grafitasi, satuan : NEWTON.

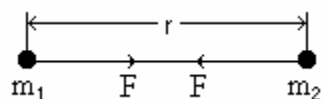
G = Konstanta grafitasi, besarnya :

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

m = massa benda, satuan : KILOGRAM

r = jarak antara kedua partikel, satuan : METER

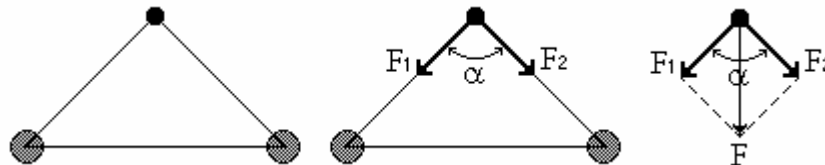
Gaya grafitasi adalah besaran vektor yang arahnya senantiasa menuju pusat massa partikel.



Untuk gaya grafitasi yang disebabkan oleh beberapa massa tertentu, maka resultan gayanya ditentukan secara geometris. Misalnya dua buah gaya F_1 dan F_2 yang membentuk sudut α resultante gayanya dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

Gambar :



MEDAN GRAFITASI

Kuat medan grafitasi (intensitas grafitasi) oleh gaya grafitasi didefinisikan sebagai :
Perbandingan antara gaya grafitasi yang dikerjakan oleh medan dengan massa yang dipengaruhi oleh gaya grafitasi tersebut.

Dalam bentuk persamaan, dapat dinyatakan dengan :

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

g = kuat medan grafitasi ; satuan : N.kg^{-1}

F = Gaya grafitasi satuan : N

m = Massa benda satuan : kg

KUAT MEDAN GRAFITASI OLEH BENDA BERMASA.

Kuat medan grafitasi dapat ditimbulkan oleh suatu benda bermassa. Misalkan dua buah benda bermassa masing-masing m dan m' terpisah pada jarak r . Maka gaya grafitasi oleh kedua benda itu adalah :

$F = G \frac{m m'}{r^2}$ Bila kita hitung kuat medan grafitasi yang dialami oleh massa m' sebagai

akibat dari gaya grafitasi di atas, maka di peroleh :

$$g = \frac{F}{m'} = \frac{G \frac{m m'}{r^2}}{m'} = G \frac{m}{r^2}$$

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Persamaan di atas menunjukkan kuat medan gravitasi oleh benda bermassa m pada suatu titik berjarak r dari benda itu.

Kuat medan gravitasi adalah suatu besaran vektor yang arahnya senantiasa menuju ke pusat benda yang menimbulkannya. Karena : kuat medan gravitasi di suatu titik oleh beberapa benda bermassa diperoleh dengan menjumlahkan vektor-vektor medan gravitasi oleh tiap-tiap benda.

Sebagai contoh : Kuat medan gravitasi yang disebabkan oleh kedua dua buah benda yang kuat medannya saling membentuk sudut α , dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2 + 2g_1g_2 \cos \alpha}$$

CONTOH SOAL.

(akan dibahas di kelas)

1. Dua buah benda bermassa masing-masing 2 kg dan 4 kg saling berada pada jarak 10 cm. Hitunglah gaya gravitasi Newton yang dialami oleh benda bermassa 1 kg berjarak 10 cm dari masing-masing benda di atas.
2. Pada titik A terdapat massa 40 kg dan pada titik B terdapat massa 80 Kg jika jarak AB 20 cm, hitunglah kuat medan gravitasi pada sebuah titik yang berjarak 20 cm dari A dan 20 cm dari B.
3. Berat sebuah benda di bumi dengan beratnya di suatu planet berbanding 4 : 3 jika perbandingan massa bumi dan massa planet adalah 12 : 1 Hitunglah perbandingan jari-jari bumi dengan jari-jari planet tersebut.

LATIHAN SOAL

1. Dua buah benda masing-masing massanya 10 kg dan 20 kg terpisahkan pada jarak 2 meter satu dengan yang lain. Tentukan gaya gravitasi antara kedua benda itu.
(jawab : $3,34 \times 10^{-9}$ N)
2. Gaya tarik gravitasi antara du buah benda bermassa adalah $2,001 \times 10^{-10}$ N.
Bila massa benda adalah 3 kg dan 9kg. Tentukanlah jarak antara kedua benda itu.
(jawab 3 meter).
3. Massa sebesar 5 kg terpisah pada jarak 2 meter dari massa yang lain. Gaya gravitasi antara kedua benda adalah sebesar $2,5 \times 10^{-10}$. Tentukan massa benda yang lain.
(jawab 3kg)

4. Tiga buah bola bermassa masing-masing 1kg, 2kg dan 3kg diletakkan pada titik sudut segitiga sama sisi dengan sisi 1 meter. Tentukanlah gaya yang dialami oleh bola bermassa 1 kg dalam susunan ini. (jawab : 4,36 GN)
5. Dua buah bola bermassa masing-masing 4 kg terpisah pada jarak $2\sqrt{3}$ meter. Tentukanlah gaya tarik grafitasi yang dialami oleh bola bermassa 5 kg yang terletak pada jarak 2 meter dari kedua massa tersebut. (jawab : 5 G N)
6. Sebuah bola bermassa 3 kg terletak pada titik pusat sistem sumbu koordinat. Bola lainnya yang masing-masing bermassa sebesar 16 kg, 36 kg dan 25 kg terletak pada titik-titik (4,0), (4,5) dan (0,5). Satuan koordinat dalam meter. Tentukanlah gaya yang dialami oleh bola bermassa 3 kg itu. (jawab : 7,43 GN)
7. Dua massa masing-masing dari 2kg dan 8 kg terpisah sejauh 1,2 meter. Tentukanlah gaya grafitasi pada massa 1 kg yang terletak pada suatu titik 0,4 meter dari massa 2 kg dan 0,8 meter dari massa 8 kg. (jawab : 0)
8. Dua buah bermassa 2 kg dan 12,5 kg terpisah pada jarak 7 meter. Tentukanlah letak bola bermassa 6 kg sehingga gaya tarik grafitasi yang dialaminya sama dengan nol. (jawab : 2 meter dari bola bermassa 2 kg)
9. Dua buah benda bermassa pada saat terpisah sejauh 2 meter saling mengerjakan gaya sebesar 4 g. Bila jarak antaranya di jadikan 4 meter, tentukanlah gaya tarik menarik yang dikerjakan kedua benda itu.
10. Di titik A dan C dari suatu bujur sangkar ABCD ditempatkan massa sebesar 1 kg dan 0,5 kg. Bila gaya tarik menarik antara kedua massa tersebut besarnya 0,5 Gnewton, tentukanlah panjang sisi bujur sangkar tersebut.
(jawab : $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ meter)
11. Suatu massa yang besarnya 2 kg berada pada suatu tempat dibawah pengaruh gaya grafitasi sebesar 5×10^{-10} N. Tentukanlah kuat medan grafitasi yang dialami oleh itu. (jawab : $2,5 \times 10^{-10}$)
12. Tentukanlah kuat medan grafitasi pada suatu titik berjarak 2 meter dari suatu massa sebesar 25 kg.
(Jawab : 6,25 GN/kg)
13. Dua buah bola bermassa masing-masing 0,16 kg dan 0,32 kg terpisah pada jarak 2cm. Tentukanlah kuat medan grafitasi pada suatu titik yang berjarak 2 cm dari kedua massa tersebut.
(jawab : $1,06 \times 10^3$ GN/kg)

14. Tiga buah bola bermassa masing-masing 16 kg, 36 kg dan 25 kg berturut-turut di titik-titik (4,0), (4,5) dan (0,5) . Satuan koordinat dalam meter. Tentukanlah kuat medan gravitasi di titik pusat koordinat.
(jawab : 2,5 G N/kg)
15. Dua buah bola bermassa masing-masing besarnya 4 kg terpisah pada jarak $2\sqrt{3}$. Tentukanlah kuat medan gravitasi pada suatu titik yang berjarak 2 cm dari kedua massa itu.
(jawab : G N/kg)
16. Dua buah benda bermassa masing-masing 0,4 kg terpisah pada jarak 1,2 meter satu dengan yang lain. Tentukanlah kuat medan gravitasi di suatu titik yang terletak 0,4 meter dari massa 0,4 kg dan 0,8 meter dari massa 0,8 kg.
(jawab : 1,25 GN/kg)
17. Massa bulan ialah satu perdelapan puluh satu dari massa bumi dan jari-jarinya seperempat jari-jari bumi. Tentukanlah perbandingan periode sebuah ayunan di permukaan bumi dengan permukaan bulan. (jawab : 4 : 9)

=====o0o=====

GAYA PEGAS

ELASTISITAS.

Elastisitas adalah : Kecenderungan pada suatu benda untuk berubah dalam bentuk baik panjang, lebar maupun tingginya, tetapi massanya tetap, hal itu disebabkan oleh gaya-gaya yang menekan atau menariknya, pada saat gaya ditiadakan bentuk kembali seperti semula.

Tegangan (Stress)

Stress didefinisikan sebagai : Gaya F persatuan luas (A).

$$\text{Stress} = \frac{F}{A}$$

Jika suatu bayang homogen yang mendapat tarikan atau gaya desak dilakukan pemotongan secara tegak

$$\text{Stress} = \frac{F}{A}$$

Karena tiap bagian saling tarik menarik atau desak mendesak maka tegangan yang dihasilkan disebut tegangan tarik atau tegangan desak.

Regangan (Strain)

Yang dimaksud tegangan disini adalah mengenai perubahan relatif dari ukuran-ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan.

Regangan karena tarikan di dalam batang didefinisikan sebagai perbandingan dari tambahan panjang terhadap panjang asli.

$$\text{Regangan Jenis Tarik} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Regangan karena gaya geser dengan sudut potensial sudut ν karena ν kecil sekali, maka :

$$\text{Regangan Jenis Geser} = \text{tg } \nu \approx \nu \text{ (Radian)}$$

Modulus Kelentingan.

Perbandingan antara suatu tegangan (stress) terhadap regangannya (strain) disebut : “MODULUS KELENTINGAN”.

Modulus kelentingan linier atau disebut juga modulus young.

$$\text{Modulus Young (Y)} = \frac{\text{tegangan tarik/desak}}{\text{regangan tarik/desak}}$$

$$Y = \frac{F_n / A}{\Delta L / L_0}$$

Diagram tegangan-regangan jenis logam yang tertarik.

- A : Batas kelentingan
- B : Titik kritis
- C : Titik patah

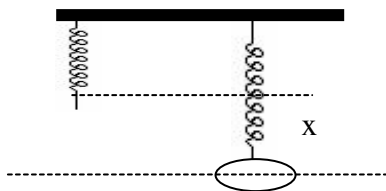
Gaya dan Energi Potensial Pegas.

Jika sebuah pegas kita gantungkan, mempunyai konstanta pegas k . Yaitu :

Besar gaya tiap pertambahan panjang sebesar satu satuan panjang.

Dengan demikian jika pegas kita tarik dengan gaya F_{tangan} maka pada pegas bekerja gaya pegas F_{pegas} yang arahnya berlawanan dengan F_{tangan} .

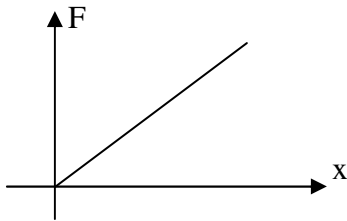
Jadi $F_{\text{pegas}} = -$ gaya oleh tangan pada pegas.



$$F_{\text{pegas}} = - k x$$

(Tanda (-) hanya menunjukkan arah).

Jika digambarkan dalam grafik hubungan antara F dan x sebagai pertambahan panjang, berupa GARIS LURUS.



$$E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

Energi potensial pegas didefinisikan sebagai :

Dapat dicari dari Luas grafik F terhadap x.

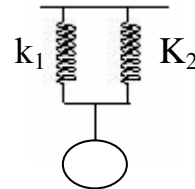
Usaha yang diperlukan untuk regangan $x_1 - x_2$ dapat dituliskan sebagai :

$$W = \frac{1}{2} k (x_2^2 - x_1^2)$$

Susunan Pegas.

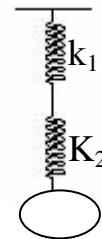
Jika dua buah pegas dengan konstanta pegas k_1 dan k_2 disusun paralel maka diperoleh konstanta pegas gabungan (k_p)

$$k_p = k_1 + k_2$$



Jika dua buah pegas dengan konstanta pegas k_1 dan k_2 disusun seri maka diperoleh konstanta pegas gabungan (K_s)

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

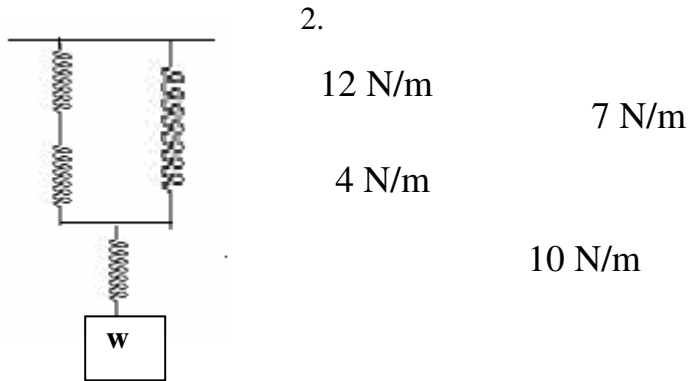


Dengan demikian berlaku untuk beberapa buah pegas.

$$\begin{aligned} \text{Disusun Paralel} &: k_p = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 \dots\dots \\ \text{Disusun Seri} &: \frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4} \dots\dots \end{aligned}$$

CONTOH SOAL.*(akan dibahas di kelas)*

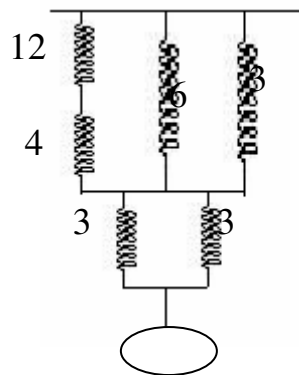
1. Sebuah pegas panjangnya 10 cm. Kemudian ditarik dengan gaya 100 N. Panjangnya 12 cm. Hitunglah gaya yang diperlukan agar panjangnya 15 cm.



- Jika $w = 0,07 \text{ N}$, maka hitunglah :
- a. pertambahan panjang masing-masing pegas
 - b. Hitung gaya yang bekerja pada masing-masing pegas.
3. Suatu pegas digantungkan di atap sebuah lift. Jika saat lift diam gaya 10 N menyebabkan pegas bertambah panjang 1 cm. hitunglah pertambahan panjang pegas, jika :
 - a. Lift ke atas dengan percepatan 2 m/s^2 .
 - b. Lift ke bawah dengan percepatan 2 m/s^2
 4. Sebuah specimen baja berukuran $10 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ di tarik dengan gaya 5000 N pada luasan $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ bertambah panjang 5 mm. Hitunglah modulus Young bahan.

TUGAS / LATIHAN SOAL

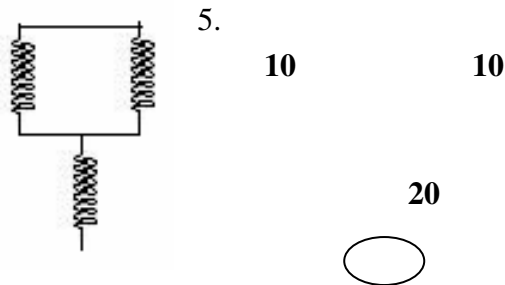
1. Sepotong baja yang panjangnya 4 m dan diameternya 9 cm dipakai untuk mengangkat beban yang massanya 80.000 kg. Modulus Young = $1,9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Berapakah pertambahan panjang baja itu ? (jawab : 2,6488 mm)
2. Modulus Young suatu kawat adalah $6,0 \times 10^{10} \text{ Pa}$. Untuk memperoleh pertambahan panjang sebesar 2 % berapakah tegangan yang diperlukan (stress) ? (jawab : $1,2 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$)
3. Suatu pegas digantungkan pada lift. Jika lift berhenti beban 5 kg digantungkan pada pegas ternyata bertambah panjang 2,5 cm.
4. Hitunglah pertambahan panjang pegas jika lift bergerak keatas dengan percepatan 2 m/s^2 . ($g = 10 \text{ m/s}^2$). (jawab : 3 cm)



Satuan dalam N/m. jika system diberi beban w maka system bertambah panjang 1,2 cm
Hitunglah : pertambahan panjang dan gaya masing-masing pegas.

Jawab :

pegas	Pertambahan panjang	gaya
12 N/m	0,1 cm	0,012 N
4 N/m	0,3 cm	0,012 N
6 N/m	0,4 cm	0,024 N
3 N/m	0,4 cm	0,012 N
3 N/m	0,8 cm	0,024 N
3 N/m	0,8 cm	0,024 N



Satuan dalam N/m , susunan pegas di atas digantungkan pada atap langit-langit sebuah Lift. Jika Lift diam dan system diberi beban w maka susunan pegas bertambah panjang 10 cm. Hitunglah pertambahan panjang dan gaya pada masing-masing pegas. Jika Lift bergerak turun dengan percepatan 2 m/s^2 ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
(jawab : 4 cm , 0,4 N untuk 10 N/m dan 0,8 N untuk 20 N/m)

GERAK HARMONIK

Benda yang melakukan gerak lurus berubah beraturan, mempunyai percepatan yang tetap, Ini berarti pada benda senantiasa bekerja gaya yang tetap baik arahnya maupun besarnya. Bila gayanya selalu berubah-ubah, percepatannyaapun berubah-ubah pula.

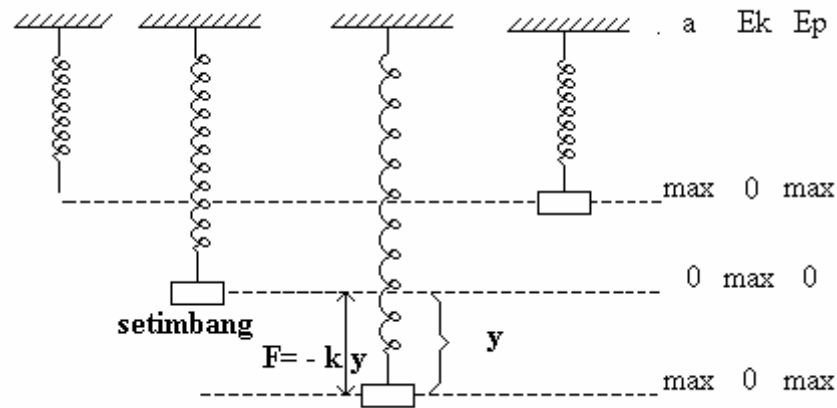
Gerak yang berulang dalam selang waktu yang sama disebut **Gerak Periodik**. Gerak periodik ini selalu dapat dinyatakan dalam fungsi sinus atau cosinus, oleh sebab itu gerak periodik disebut **Gerak Harmonik**. Jika gerak yang periodik ini bergerak bolak-balik melalui lintasan yang sama disebut **Getaran** atau **Osilasi**.

Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu lintasan bolak-balik disebut **Periode**, sedangkan banyaknya getaran tiap satuan waktu disebut **Frekwensi**. Hubungan antara

periode (T) dan frekwensi (f) menurut pernyataan ini adalah : $T = \frac{1}{f}$

Satuan frekwensi dalam SI adalah putaran per detik atau Hertz (Hz). Posisi pada saat resultan gaya bekerja pada partikel yang bergetar sama dengan nol disebut posisi seimbang.

Perhatikan sebuah benda massanya m digantungkan pada ujung pegas, pegas bertambah panjang. Dalam keadaan seimbang, gaya berat w sama dengan gaya pegas F , resultan gaya sama dengan nol, beban diam.



Dari kesimbangannya beban diberi simpangan y , pada beban bekerja gaya F , gaya ini cenderung menggerakkan beban keatas. Gaya pegas merupakan gaya penggerak, padahal gaya pegas sebanding dengan simpangan pegas.

$$F = -k y \quad ; \quad k \text{ tetapan pegas.}$$

Mudah dipahami bahwa makin kecil simpangan makin kecil pula gaya penggerak. Gerakan yang gaya penggeraknya sebanding dengan simpangan disebut *Gerak Harmonis (Selaras)*.

Tanda negatif (-) harus digunakan karena arah F dan Y selalu berlawanan.

Menurut Hukum Newton II, pada gerak benda ini berlaku :

$$F = m . a$$

Gaya pemulih pada gerak benda ini adalah : $F = - k . y$

$$- k . y = m \frac{d^2 y}{dt^2} \text{ atau } \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k . y}{m} = 0$$

Persamaan ini disebut persamaan differensial gerak harmonik sederhana.

GERAK HARMONIK SEDERHANA.

Untuk mencari persamaan gerak harmonik sederhana dengan jalan mencari penyelesaian persamaan diferensial gerak harmonik sederhana yaitu suatu fungsi y sedemikian rupa sehingga diturunkan dua kali terhadap t diperoleh negatif dari fungsi tersebut dikalikan dengan suatu. Fungsi yang mempunyai sifat demikian adalah fungsi Sinus atau fungsi Cosinus.

Misalkan diambil fungsi sinus sebagai penyelesaian : $y = A \sin (\omega t + \theta)$

dengan A , ω , dan θ masih harus dicari harganya.

Bila persamaan di atas diturunkan dua kali terhadap waktu t maka diperoleh :

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \theta)$$

Bila persamaan di atas disubstitusikan ke persamaan differensial gerak harmonik sederhana, diperoleh :

$$-\omega^2 A \sin(\omega t + \theta) = -\frac{k}{m} A \sin(\omega t + \theta)$$

Jadi agar fungsi sin tersebut benar-benar menjadi penyelesaian persamaan differensial gerak harmonik sederhana, diperoleh :

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{atau} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Jika waktu t dalam persamaan $y = A \sin(\omega t + \theta)$ ditambah dengan $\frac{2\pi}{\omega}$ maka,

diperoleh :

$$\begin{aligned} y &= A \sin[\omega(t + 2\pi/\omega) + \theta] \\ &= A \sin(\omega t + 2\pi + \theta) \\ y &= A \sin(\omega t + \theta) \end{aligned}$$

Jadi fungsi tersebut berulang kembali setelah selang waktu $\frac{2\pi}{\omega}$. Oleh sebab itu, $\frac{2\pi}{\omega}$

adalah periode geraknya, atau $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Karena $\omega^2 = \frac{k}{m}$ maka diperoleh :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{dan } f = \frac{1}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{jadi : } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Besaran ω disebut juga frekwensi sudut (angular), karena dapat diartikan sebagai besar sudut (dalam radian) yang dikelilingi perdetik.

Persamaan simpangan gerak harmonis adalah : $y = A \sin (\omega t + \theta)$

Perhatikan persamaan di atas.

Sinus mempunyai harga dari -1 sampai dengan 1, simpangan y mempunyai maksimum A diukur dari posisi seimbang $y = 0$. A (y maksimum) disebut **Amplitudo**.

Besaran $(\omega t + \theta)$ disebut **fase gerak** dan ω disebut **konstanta fase**.

Kecepatan dan percepatan gerak harmonik sederhana dicari dengan jalan mendiferensialkan persamaan geraknya terhadap waktu.

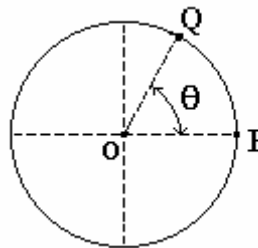
Simpangan gerak harmonik sederhana : $y = A \sin (\omega t + \theta)$

Kecepatannya : $v = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos (\omega t + \theta)$

percepatannya : $a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin (\omega t + \theta)$

PHASE (ϕ)

Gerak harmonis sederhana akan lebih mudah diketahui bila dikenal keadaannya (phasenya). Phase suatu titik yang bergetar didefinisikan sebagai waktu sejak meninggalkan titik seimbang dibagi dengan periodenya.



Bila titik Q telah bergetar t detik maka phasenya : $\phi_Q = \frac{t}{T} = \frac{\theta}{360}$

Sesudah bergetar $(t + T)$ detik phasenya : $\phi = \frac{(t + T)}{T} = \frac{t}{T} + 1$

Keadaan titik Q sama dengan keadaan titik Q dalam hal yang pertama.

Mudah dipahami bahwa titik-titik yang phasenya $\frac{t}{T}, 1 + \frac{t}{T}, 2 + \frac{t}{T}, \dots, dst$ keadaannya **sama**.

Perbedaan phase.

Titik-titik yang phasenya sama mempunyai perbedaan phase : 0, 1, 2, 3, 4, dst.

Titik-titik yang keadaannya berlawanan mempunyai perbedaan phase :

$$\frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, 3\frac{1}{2}, \dots \text{dst}$$

SUPERPOSISI 2 GERAK HARMONIK SEDERHANA YANG FREKWENSINYA SAMA.

Misalkan sebuah benda melakukan 2 gerak harmonik secara bersama-sama dengan persamaan :

$$y_1 = A_1 \sin (\omega t + \theta_1) \quad \text{dan} \quad y_2 = A_2 \sin (\omega t + \theta_2)$$

Gerak resultannya : $y = y_1 + y_2$

$$A \sin (\omega t + \theta) = A_1 \sin (\omega t + \theta_1) + A_2 \sin (\omega t + \theta_2)$$

Menurut rumus trigonometri :

$$A \sin (\omega t + \theta) = A \sin \omega t \cos \theta + A \cos \omega t \sin \theta$$

$$A_1 \sin (\omega t + \theta_1) = A_1 \sin \omega t \cos \theta_1 + A_1 \cos \omega t \sin \theta_1$$

$$A_2 \sin (\omega t + \theta_2) = A_2 \sin \omega t \cos \theta_2 + A_2 \cos \omega t \sin \theta_2$$

Maka diperoleh hubungan :

$$A \cos \theta = A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2$$

$$A \sin \theta = A_1 \sin \theta_1 + A_2 \sin \theta_2$$

$$\text{jadi } \operatorname{tg} \theta = \frac{A_1 \sin \theta_1 + A_2 \sin \theta_2}{A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2}$$

Sedangkan amplitudo gerak resultan di dapat dengan mengkuadratkan persamaan di atas.

Diperoleh :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos (\theta_1 - \theta_2)$$

atau

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}$$

Cara di atas adalah cara penyelesaian dengan matematis.

Berikut dapat diselesaikan dengan cara grafis.

yaitu dengan menggambar masing-masing persamaan gerak harmonis kemudian dijumlahkan secara aljabar dari masing-masing amplitudo setiap detik getarannya untuk dilukis.

Misal dua buah gerak harmonis masing-masing :

$$y_1 = 3 \sin (\omega t + 30^\circ) \quad \text{dan} \quad y_2 = 2 \sin (\omega t + 60^\circ)$$

Cara matematis.

$$A_1 = 3 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad A_2 = 2 \text{ cm}$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}$$

$$A = \sqrt{3^2 + 2^2 + 2 \cdot 3 \cdot 2 \cos(30 - 60)}$$

$$A = \sqrt{9 + 4 + 12 \frac{1}{2} \sqrt{3}}$$

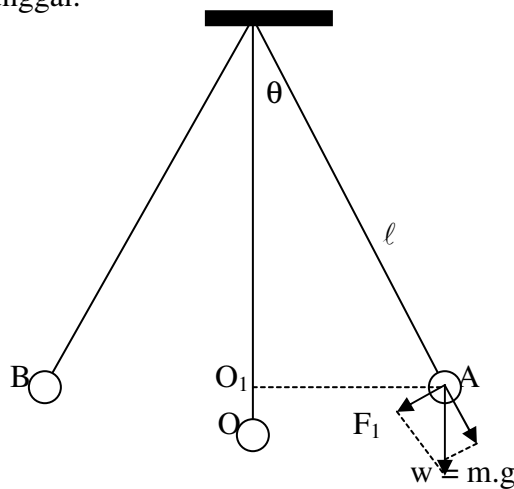
$$A = \dots\dots\dots$$

$$\theta = \text{arc tag} \frac{A_1 \sin \theta_1 + A_2 \sin \theta_2}{A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2}$$

$$\theta = \dots\dots$$

$$\text{Persamaan gerak superposisinya : } y = \dots\dots\dots \sin (\quad t + \dots\dots)$$

Gerak bandul Tunggal.



Bandul O tergantung pada tali yang panjangnya ℓ . Bandul diberi simpangan θ , sudut θ kecil. Bila dilepas, bandul melakukan gerak bolak-balik menyusuri AOB.

Bila massa bandul m , beratnya $w = m.g$. Saat bandul berada di A, gaya penggeraknya F_1

$$F_1 = m \cdot g \sin \theta = m \cdot g \frac{AO_1}{\ell} \quad \text{karena sudut } \theta \text{ kecil, } AO_1 \text{ dapat disamakan dengan : } AO = y$$

$$F_1 = m \cdot g \frac{y}{\ell} \rightarrow F_1 = \frac{m \cdot g}{\ell} y$$

$\frac{m \cdot g}{\ell}$ adalah bilangan tetap, jadi $F_1 = k \cdot y$

Hubungan yang terakhir menyatakan bahwa gaya penggerak sebanding dengan simpangannya. Bandul melakukan gerak Harmonis. Karena gerakan bandul gerak harmonik, periodenya dapat dicari dari rumus periode Gerak harmonis.

$$= 2\pi \sqrt{\frac{m}{m \cdot g / \ell}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

T adalah waktu ayun bandul dalam detik, ℓ panjang bandul dalam meter, dan g percepatan grafitasi dalam m/det^2 .

CONTOH SOAL.

(akan dibahas di kelas)

2. Beban dari 100 gram digantungkan pada ujung pegas yang tergantung vertikal. Pada saat terjadi getaran harmonis amplitudonya 10 cm, frekwensinya 2 Hz, fase Awal gerak $\frac{1}{4}$. Hitunglah kecepatan pada saat $t = \frac{2}{3}$ detik
2. Suatu partikel melakukan getaran harmonis dengan amplitudo sebesar 2 cm dan periodenya 1 detik. Fase awal gerak $\frac{3}{4}$, pada saat fasenya $\frac{2}{3}$ pertama kalinya, hitung **Kecepatan**, **Percepatan** dan **waktu** yang dibutuhkan untuk itu.
3. Suatu benda melakukan GHS dengan massa benda x gram, pada saat simpangannya 2 cm kelajuannya 4 cm/s, pada saat simpangannya 4 cm kelajuannya 2 cm. Hitunglah amplitude GHS tersebut
4. Sebuah ayunan sederhana di bumi mempunyai frekwensi ayunan sebesar 15 Hz, jika ayunan ini dibawa ke suatu planet yang mempunyai grafitasi $\frac{1}{3}$ kali grafitasi bumi dan panjang tali ayunan sederhana dijadikan 3 kalinya, dan massa beban dijadikan 3 kalinya, berapakah frekwensi ayunan di planet tersebut.

TUGAS / SOAL-SOAL

1. Sebuah benda bergetar harmonik sederhana dengan persamaan $y = 5 \sin (3\pi t + \pi /6)$ y dalam meter, t dalam detik, dan besaran sudut dalam radian. Tentukan :
 - a. Amplitudo, frekwensi dan periode geraknya.
 - b. Kecepatan dan percepatan sesaat.
 - c. Posisi, kecepatan dan percepatan pada saat $t = 2$ detik.
 - d. Kecepatan dan percepatan maksimumnya.

5. Sebuah benda yang massanya 0,75 kg dihubungkan dengan pegas ideal yang konstanta pegasnya 25 N/m, bergetar pada bidang horisontal yang licin tanpa gesekan. Tentukan :
 - a. kecepatan maksimum benda apabila amplitudo = 4 cm.
 - b. Kecepatan benda pada saat simpangannya 3 cm.

6. Sebuah pegas dapat memanjang hingga 30 cm jika di tarik gaya 0,5 N. Sebuah benda yang massanya 50 gram digantungkan pada ujung pegas kemudian diberi simpangan 30 cm dari titik seimbang setelah itu dilepaskan, tentukanlah :
 - a. Periodenya.
 - b. Persamaan gerak dari benda tersebut.
 - c. Kecepatan, percepatan, pada saat simpangannya 20 cm.

4. Dua getaran selaras masing-masing dinyatakan dengan persamaan :
 $y_1 = 15 \sin 8t$ dan $y_2 = 18 \sin (8t + \pi /4)$ amplitudo dalam cm. Tentukanlah :
 - a. Periode masing-masing getaran.
 - b. Beda fase kedua getaran.
 - c. Kecepatan dan percepatan maksimum masing-masing getaran selaras tersebut.

7. Benda yang bermassa 100 gram bergetar selaras vertikal dengan amplitudo 5 cm dan frekwensinya 10 cps. Pada suatu ketika fasenya $1/12$, maka tentukan :
 - a. Simpangan pada saat itu.
 - b. Gaya yang bekerja pada saat itu.
 - d. Kelajuan dan perlajuan benda pada saat itu.

8. Ditentukan persamaan gerak getar adalah $y = 10 \sin 50\pi t$, y dalam cm dan t dalam detik. Ditanyakan :
 - a. Persamaan percepatannya.
 - b. Percepatan maksimumnya.
 - c. Bila suatu saat fasenya = $1/5$, telah berapa detik benda bergetar.
 - d. Hitung panjang simpangan pada saat soal 8c.
 - e. Hitung besarnya kecepatan getar pada saat $t = 1/75$ detik.

9. Kecepatan maksimum suatu gerak harmonis sederhana 7 m/s dan percepatan maksimumnya 20 m/s^2 . Hitunglah amplitudonya.

10. Suatu benda melakukan GHS pada saat simpangannya 10 cm di atas titik setimbang mempunyai kecepatan $1/2$ kali kecepatan maksimumnya arah geraknya ke bawah, sedang percepatan maksimum GHS adalah $8000\pi^2\sqrt{3} \text{ cm/s}^2$ Hitunglah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai itu.

11. Sebuah benda digantungkan dengan tali yang panjangnya 1,6 m. Berapa detik waktu yang diperlukan untuk melakukan 100 ayunan.

12. Untuk mengukur percepatan grafitasi bumi dilakukan percobaan sebagai berikut : sebuah bandul diikat dengan tali yang panjangnya 1 meter, kemudian diberi simpangan dan dilepas. Ternyata dalam 100 detik bandul melakukan 50 ayunan. Berapakah percepatan grafitasi bumi.



KUNCI JAWABAN.

1. a) $A = 5 \text{ m}$, $f = 1,5 \text{ Hz}$, $T = \frac{2}{3} \text{ det}$

b) $v = 15 \pi \cos (3\pi t + 30)$

$a = -45 \pi^2 \sin (3\pi t + 30)$

c) $v = \frac{15}{2} \sqrt{3} \text{ m/s}$

$a = -\frac{45}{2} \pi^2 \text{ m/s}^2$

d) $v_{\text{maks}} = 15 \pi \text{ m/s}$

$a_{\text{maks}} = -45 \pi^2 \text{ m/s}^2$

2. a) $v_{\text{maks}} = \frac{4}{30} \sqrt{3} \text{ m/s}$

b) $v = \frac{1}{30} \sqrt{21} \text{ m/s}$

3. a) $T = 0,2 \text{ n} \sqrt{3}$

b) $y = 30 \sin \left(\frac{10}{3} \sqrt{3} t + \frac{3}{4} \right)$

c) $v = \frac{1}{3} \sqrt{15} \text{ m/s}$, $a = -\frac{26}{3} \text{ m/s}$,

4. a) $T_1 = \frac{1}{4} \pi \text{ det}$, $T_2 = \frac{1}{4} \pi \text{ det}$

b) $\Delta \varphi = \frac{1}{8}$

c) $v_{\text{maks}} = 120 \text{ cm/s}$

$v_{\text{maks}} = 144 \text{ cm/s}$

5. a) $y = 2,5 \text{ cm}$

b) $F = -\pi^2 \text{ N}$

c) $v = 0,5 \pi \sqrt{3} \text{ m/s}$, $a = -10\pi^2 \text{ m/s}$

6. a) $a = -25.000 \pi^2 \sin 50 \pi t$

b) $a_{\text{maks}} = -25.000 \pi^2 \text{ cm/s}^2$

c) $t = \frac{1}{125} \text{ det}$

d) $y = 9,5 \text{ cm}$

e) $v = -250 \text{ cm/s}$

7. $\frac{1}{90} \sqrt{3} \text{ det } ik$

8. $8 \pi \text{ detik}$

9. $\pi^2 \text{ m/s}^2$

=====o0o=====