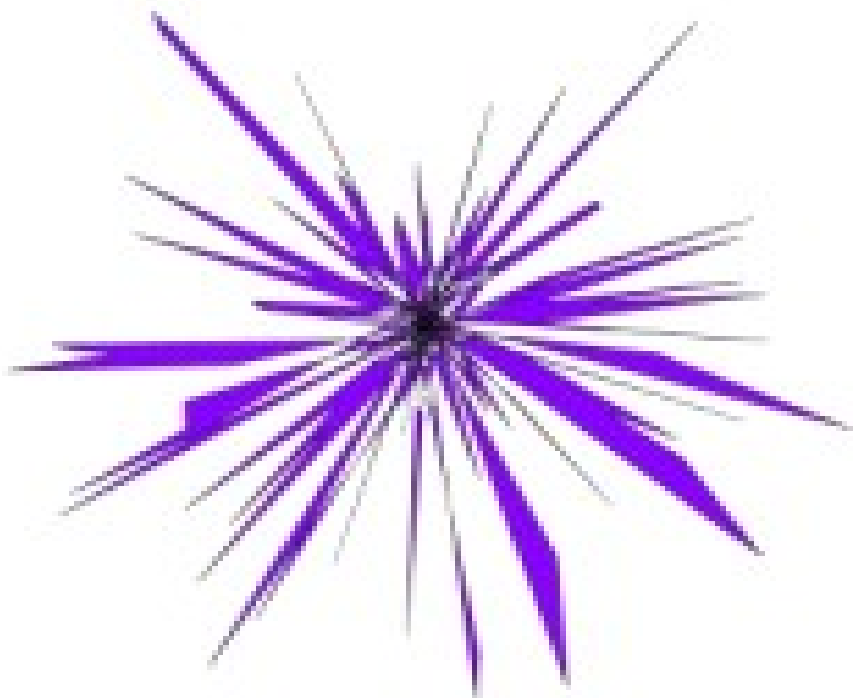
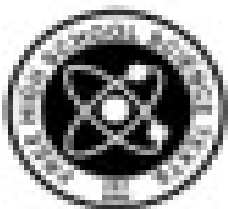


A Free High School Science Textbook: Physics



physics

first edition



Dra. Damriani
SMAN 3 Bandar Lampung
2008

Diktat
Fisika XI-1

SURAT KETERANGAN

Nomor:

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala SMAN 3 Bandar Lampung menerangkan bahwa buku *Diktat Fisika XI-1* adalah benar ditulis oleh:

Nama : Dra. Damriani
NIP : 131658096
Guru Mata Pelajaran : Fisika

dan telah digunakan sebagai material pembelajaran di SMAN 3 Bandar Lampung.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan seperlunya.

Bandar Lampung, 4 Mei 2008

Kepala SMAN 3 Bandar Lampung

Drs. H E R N A D I
NIP. 131870646

KATA PENGANTAR

Buku *Diktat Fisika XI-1* ini ditulis dengan maksud untuk digunakan oleh para siswa agar mudah mengerti pokok-pokok fisika dengan penjelasan yang ringkas dan sederhana dalam konsep, asas, dan prinsip fisika merupakan hal pertama yang harus dimengerti oleh para siswa.

Dalam memecahkan soal-soal fisika, buku ini dapat digunakan untuk memberi gambaran global dari konsep-konsep fisika dan soal latihan yang terdapat di setiap bagian belakang bab dapat digunakan sebagai sarana melatih kemampuan memecahkan soal-soal fisika.

Dengan selesai penulisan buku ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. Hernadi sebagai Kepala SMAN 3 Bandar Lampung, atas semua dukungannya, masukan dan saran dari para kolega diucapkan terima kasih. Mereka adalah guru-guru fisika SMAN 3 Bandar Lampung, yaitu Zainal Abidin, S.Pd, Arif Santoso, S.Pd, Euis Waliah, S.Pd, Dra. Sartinem dan Fera Nofrizawati, S.Pd.

Buku ini tentu jauh dari sempurna, masukan, kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan melalui email: mbak_annie@yahoo.co.id.

Semoga kehadiran buku ini dapat memenuhi tujuan penulisan dan bermanfaat bagi penggunaannya.

Bandar Lampung, 30 April 2008

Damriani

DAFTAR ISI

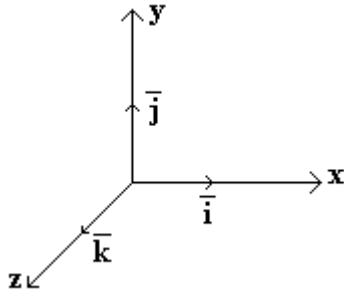
Surat Keterangan	1
Kata Pengantar	2
Daftar Isi	3
9. Kinematika Gerak Lurus Partikel	4
10. Memadu Gerak	12
11. Kinematika Gerak Rotasi Partikel	17
12. Hukum Gravitasi Universal	28
13. Hukum Hooke dan Elastisitas	36
14. Gerak Getaran	40
15. Usaha dan Energi	47
16. Momentum dan Impuls	52

9

KINEMATIKA GERAK LURUS PARTIKEL

Posisi titik materi dapat dinyatakan dengan sebuah **vector**, baik pada suatu bidang datar maupun dalam bidang ruang. Vektor yang dipergunakan untuk menentukan posisi disebut VEKTOR POSISI yang ditulis dalam Vektor satuan.

VEKTOR SATUAN



$$|\bar{i}| = |\bar{j}| = |\bar{k}| = 1$$

\bar{i} adalah vektor satuan pada sumbu x.

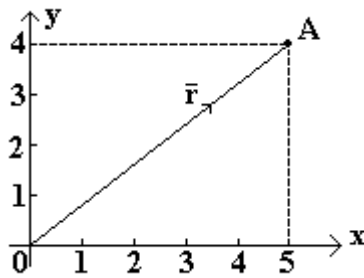
\bar{j} adalah vektor satuan pada sumbu y.

\bar{k} adalah vektor satuan pada sumbu z.

POSISI TITIK MATERI PADA SUATU BIDANG DATAR

Posisi titik materi ini dapat dinyatakan dengan : $\bar{r} = x \bar{i} + y \bar{j}$

Contoh : $\bar{r} = 5 \bar{i} + 3 \bar{j}$



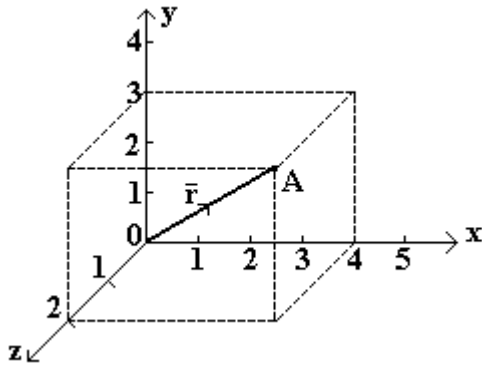
Panjang r ditulis $|\vec{r}| = |OA|$

$$\begin{aligned} |\vec{r}| &= \sqrt{5^2 + 3^2} \\ &= \sqrt{25 + 9} \\ &= \sqrt{34} \text{ satuan} \end{aligned}$$

POSISI TITIK MATERI PADA SUATU RUANG

Posisi titik materi ini dapat dinyatakan dengan : $\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$

Contoh : $\vec{r} = 4 \vec{i} + 3 \vec{j} + 2 \vec{k}$



Panjang vektor \vec{r} ditulis $|\vec{r}|$

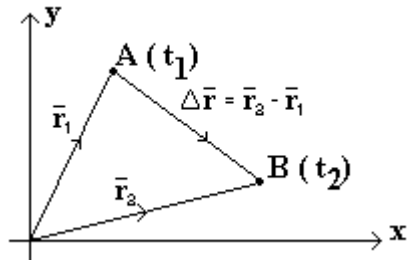
$$\begin{aligned} |\vec{r}| &= \sqrt{4^2 + 3^2 + 2^2} \\ &= \sqrt{16 + 9 + 4} \\ &= \sqrt{29} \text{ satuan} \end{aligned}$$

KECEPATAN SUATU TITIK MATERI

Gerakan titik materi secara keseluruhan dapat diamati jika posisinya setiap saat diketahui. Seberapa cepat letak titik materi itu berubah setiap saat disebut : **KECEPATAN.**

PERHATIKAN

Titik materi yang bergerak dari A yang posisinya \vec{r}_1 pada saat t_1 , ke titik B yang posisinya \vec{r}_2 pada saat t_2 .



Vektor perpindahannya $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ dan selang waktu yang dipergunakan titik materi untuk

bergerak dari A ke B adalah $\Delta t = t_2 - t_1$

Kecepatan rata-rata didefinisikan :

$$\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

Pada persamaan di atas tampak bahwa kecepatan rata-rata tidak tergantung pada lintasan

titik materi, tetapi tergantung dari posisi awal (\vec{r}_1) dan posisi akhir (\vec{r}_2). Jika ingin diketahui kecepatan titik materi pada suatu saat misal saat titik materi berada di antara A dan B, digunakan **kecepatan sesaat**.

Kecepatan sesaat didefinisikan :

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Secara matematis ditulis sebagai :

$$\bar{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Jadi kecepatan sesaat merupakan turunan pertama dari posisi terhadap waktu (t)

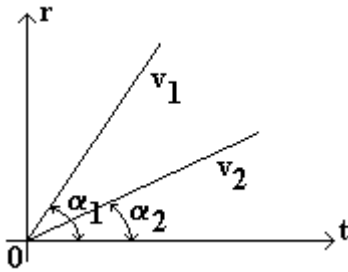
Besarnya kecepatan disebut dengan **laju**

Laju didefinisikan sebagai :

$$|\bar{v}| = \left| \frac{d\bar{r}}{dt} \right|$$

Laju dapat pula berarti panjang lintasan dibagi waktu yang bersangkutan.

Nilai dari komponen kecepatan sesaat dari suatu titik materi dapat dilihat dari **kemiringan grafik** yang dibentuk oleh komponen posisi (r) terhadap waktu (t).



Persamaan kecepatan sesaat dari grafik di samping di dapat :

$$v_1 = \text{tg } \alpha_1$$

$$v_2 = \text{tg } \alpha_2$$

Makin besar derajat kemiringannya makin besar pula harga kecepatannya.

Posisi dari suatu titik materi yang bergerak merupakan fungsi waktu, oleh karena itu, vektor

posisi \bar{r} dapat ditulis sebagai $\bar{r} = \bar{r} (t)$ artinya \bar{r} merupakan fungsi waktu (t).

Kecepatan titik materi pada sebuah bidang datar/ruang dapat ditulis :

$$v_x = \frac{dX}{dt} \quad v_y = \frac{dY}{dt} \quad v_z = \frac{dZ}{dt}$$

X, Y, Z merupakan fungsi dari waktu.

Sebaliknya untuk menentukan posisi titik materi jika diketahui fungsi kecepatannya maka dapat diselesaikan dengan **INTEGRAL** (kebalikan dari deferensial).

$$v(t) = \frac{dX(t)}{dt}$$

$$dX(t) = v(t) \cdot dt$$

$$\int dX(t) = \int v(t) \cdot dt$$

$$X(t) = \int v(t) \cdot dt$$

Contoh :

$$v_{(t)} = 2t + 5 \text{ m/det}$$

maka persamaan posisi titik materi tersebut adalah

$$\begin{aligned}\bar{r} &= \int v \, dt \\ &= \int 2t + 5 \, dt \\ \bar{r} &= t^2 + 5t + C \text{ meter}\end{aligned}$$

Dengan C adalah suatu konstanta.

Harga C dicari dengan suatu syarat batas tertentu, misalnya :

$$t = 0 \quad \bar{r}_{(t)} = 0 \text{ maka harga C dapat dihitung } C = 0$$

PERCEPATAN

Kecepatan titik materi dapat berubah-ubah setiap saat baik besar, atau arah, ataupun keduanya yang disebabkan oleh karena adanya **percepatan** yang dialami oleh titik materi tersebut.

Jika pada saat t_1 kecepatan v_1 dan pada saat t_2 kecepatannya v_2 , percepatan rata-ratanya dalam selang waktu $\Delta t = t_2 - t_1$ didefinisikan sebagai :

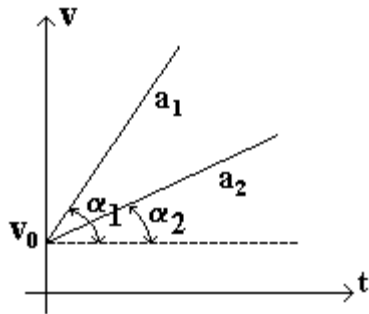
$$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Percepatan sesaatnya :

$$\begin{aligned}\bar{a} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{d\bar{v}}{dt} \\ \bar{a} &= \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d(d\bar{r})}{dt(t)} = \frac{d^2\bar{r}}{dt^2}\end{aligned}$$

Percepatan merupakan turunan pertama dari kecepatan terhadap waktu (t) atau turunan kedua dari posisi terhadap waktu (t).

Kecepatan sesaat dari suatu titik materi dapat dilihat dari kemiringan komponen grafik kecepatan (v) terhadap waktu (t).



dari grafik di samping besar percepatan sesaat :

$$a_1 = \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$a_2 = \operatorname{tg} \alpha_2$$

Percepatan dalam arah masing-masing sumbu dalam bidang/ruang dapat dituliskan sebagai :

$$a_x = \frac{d\bar{v}_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a_y = \frac{d\bar{v}_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$a_z = \frac{d\bar{v}_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

Sebaliknya untuk menentukan kecepatan dari grafik fungsi percepatan terhadap waktu dengan cara **mengintegalkan** :

$$v_t = v_0 + \int_0^t a_{(t)} dt$$

KESIMPULAN:

Posisi titik materi, kecepatan dan percepatan merupakan besaran vektor, sehingga dapat dinyatakan dengan VEKTOR SATUAN.

POSISI $\bar{r} = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$

KECEPATAN $\bar{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$

$$\vec{v} = \frac{dX}{dt} \hat{i} + \frac{dY}{dt} \hat{j} + \frac{dZ}{dt} \hat{k}$$

PERCEPATAN
$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \hat{i} + \frac{dv_y}{dt} \hat{j} + \frac{dv_z}{dt} \hat{k}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2X}{dt^2} \hat{i} + \frac{d^2Y}{dt^2} \hat{j} + \frac{d^2Z}{dt^2} \hat{k}$$

SOAL LATIHAN

1. Sebuah partikel bergerak searah dengan sumbu x , percepatannya $a = 5t + 4$ (a dalam

m/s² dan t dalam detik). Mula-mula partikel tersebut terletak pada $x = 10$ meter dengan kecepatan 6 m/detik. Tentukanlah :

- Posisi partikel pada $t = 4$ detik.
 - Kecepatan partikel pada $t = 5$ detik.
 - Posisi partikel pada saat kecepatannya 12 m/detik.
 - Kecepatan partikel pada saat percepatannya 20 m/s².
2. Suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x mengikuti persamaan $x = 2t^3 + 5t^2 - 5$ dengan x dalam meter dan t dalam detik.
- Tentukan persamaan kecepatan dan persamaan percepatan.
 - Tentukan posisi, kecepatan dan percepatan pada $t = 2$ s.
 - Tentukan kecepatan rata-rata serta percepatan rata-rata antara $t = 2$ s dan $t = 3$ s.
3. Benda dengan kecepatan awal nol dipercepat dengan $a_x = 3$ m/s² dan $a_y = -4$ m/s² selama periode 2 detik. Carilah besar dan arah v pada akhir dari waktu itu.
4. Gerakan sebuah partikel merupakan fungsi posisi yang dinyatakan dengan persamaan $a = 4x + 3$ (a dalam m/det² dan x dalam meter) pada saat $x = 0$ kecepatannya 2 m/detik. Tentukan kecepatan partikel tersebut pada saat $x = 6$ m
5. Suatu benda bergerak sepanjang sumbu x dengan :

$$\vec{r} = \frac{1}{2}t^4 - t^3 - 6t^2 + 10t + 6$$

Dimana posisi benda tersebut pada saat kecepatannya maksimum.

6. Suatu benda mempunyai vector posisi :

$$r_x = t^3 - 4 \quad \text{dan} \quad r_y = (t + 1)^2$$

Tentukan persamaan kecepatan pada saat perlajuannya $2\sqrt{2}$ satuan.

7. $a \text{ (m/s}^2\text{)}$

6



Benda bergerak sepanjang sumbu x menurut grafik percepatan seperti di atas.
Pada saat $t = 0$, $v = 0$ dan $r = 0$. carilah posisi benda pada saat detik ke-9

8. $a \text{ (m/s}^2\text{)}$

4 A B

2

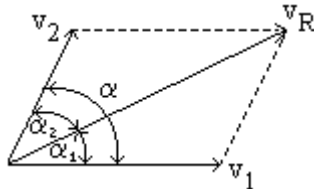
2 4 t (s)

Benda A dan B bergerak sepanjang sumbu x, menurut grafik percepatan di atas, keduanya berangkat bersamaan dan dari tempat yang sama menuju arah yang sama, pada saat $t = 0$, $v = 0$ dan $r = 0$, kapan dan dimana A dan B bertemu kembali.

10

MEMADU GERAK

MEMADU GLB DENGAN GLB



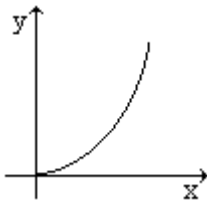
Gerak resultannya v_R adalah sebuah gerak lurus beraturan juga.

$$v_R = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2 v_1 v_2 \cos \alpha}$$

$$\frac{v_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{\sin \alpha_1} = \frac{v_R}{\sin \alpha}$$

* Kalau arah resultannya v_1 dan v_2 berimpit, maka gerak resultannya adalah tetap sebuah gerak lurus beraturan juga.

MEMADU GERAK GLB DENGAN GLBB, YANG SALING TEGAK LURUS



Gerak resultannya adalah sebuah gerak parabola. Misalkan arah kecepatan v kita sebut sumbu x dan arah percepatan a kita sebut sumbu y , maka persamaan-persamaan lintasannya ialah :

$$x = v \cdot t \quad t = \frac{x}{v}$$

$$y = \frac{5}{8} a t^2 \quad y = \frac{1}{2} a \left(\frac{x}{v} \right)^2$$

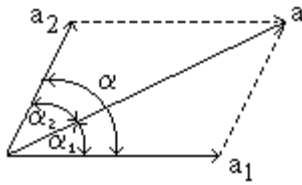
$$y = \frac{a}{2v^2} \cdot x^2 \quad \text{ini adalah suatu persamaan parabola.}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Kalau arah percepatan v dan arah percepatan a berimpit, maka gerak resultannya adalah sebuah gerak lurus di percepat beraturan dengan kecepatan awal.

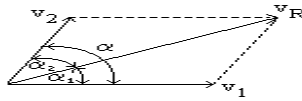
Menyusun dua buah gerak lurus dipercepat beraturan tanpa kecepatan awal.

Gerak resultannya a adalah sebuah gerak lurus beraturan



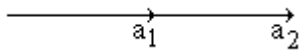
dipercepat beraturan tanpa kecepatan awal.

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2 a_1 a_2 \cos \alpha}$$



Hal - hal istimewa dari dua buah percepatan.

1. a_1 dan a_2 searah ($\alpha = 0^\circ$)



$$a = a_1 + a_2$$

a searah dengan a_1 dan a_2

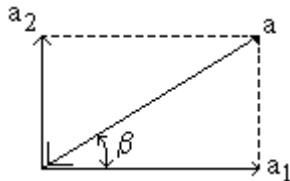
2. a_1 dan a_2 berlawanan arah ($\alpha = 180^\circ$)



$$a = a_1 - a_2$$

a searah dengan a_1 bila $a_1 > a_2$

3. a_1 dan a_2 tegak lurus ($\alpha = 90^\circ$)

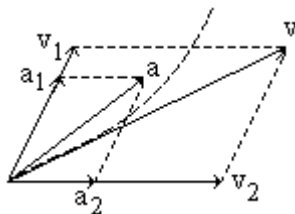


$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

$$\text{arah } a : \text{tg } \beta = \frac{a_2}{a_1}$$

Menyusun dua buah gerak lurus dipercepat beraturan dengan kecepatan awal.

Gerak resultannya adalah sebuah gerak parabola atau sebuah gerak lurus.

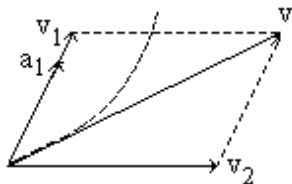


* Resultan gerakannya akan berbentuk parabola bila a dan v tidak berimpit.

* Resultan gerakannya akan berbentuk garis lurus bila a dan v berimpit.

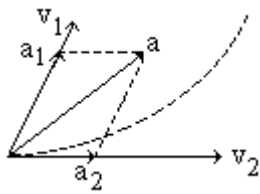
Syarat agar a dan v berimpit ialah $a_1 : a_2 = v_1 : v_2$

Menyusun gerak lurus beraturan dengan gerak lurus dipercepat beraturan dengan kecepatan awal.



Gerak resultannya adalah sebuah gerak parabola.

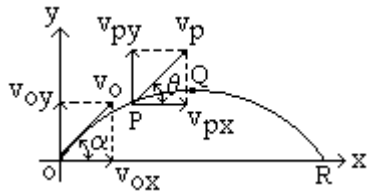
Menyusun gerak lurus dipercepat beraturan tanpa kecepatan awal dengan gerak lurus dipercepat dengan kecepatan awal.



Gerak resultannya adalah sebuah gerak parabola.

GERAK PARABOLA

Gerak ini adalah gerak dalam dua dimensi dari peluru/bola yang dilempar miring ke atas. Kita anggap bahwa gerak ini terjadi dalam ruang hampa, sehingga pengaruh udara pada gerakan peluru dapat diabaikan. Gerak sebuah peluru dipengaruhi oleh suatu percepatan gravitasi g dengan arah vertikal ke bawah. Pada arah horisontal percepatannya sama dengan nol.



Kita pilih titik asal sistem koordinat pada titik dimana peluru mulai terbang. Kita mulai menghitung waktu pada saat peluru mulai terbang, jadi kita ambil, pada saat $t = 0$ peluru di $(0, 0)$

Persamaan pada sumbu x : $v_x = v_0 \cos \alpha$

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

Persamaan pada sumbu y : $v_y = v_0 \sin \alpha - g \cdot t$

$$y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Untuk sembarang titik P pada lintasan :

$$v_p = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \qquad \text{tg } \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

- Titik tertinggi (titik Q) yang dapat ditempuh oleh peluru adalah :

Dapat dicari sebagai berikut :

Syarat benda mencapai titik tertinggi adalah $v_y = 0$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt \rightarrow 0 = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$\underline{v_0 \sin \alpha}$$

$$t_{\max} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow \text{substitusikan ke : } y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

di dapat :

$$y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Dengan demikian titik tertinggi dicapai peluru jika $\alpha = 90^\circ$

- Jarak terjauh (titik R) yang dapat ditempuh oleh peluru adalah :
Syarat mencapai titik adalah : $y = 0$ atau waktu yang di tempuh benda adalah :

$$t = 2 \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow \text{substitusikan ke : } x = v_0 \cos \alpha \cdot t \quad \text{dan } \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

di dapat :

$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Dengan demikian jarak tembak terjauh oleh peluru dicapai jika sudut $\alpha = 45^\circ$

SOAL LATIHAN

1. Seorang bergerak dengan kecepatan tetap sebesar 100 cm/det menurut garis lurus di atas sebuah perahu. Perahu ini bergerak lurus beraturan pula dengan kecepatan 300 cm/det. Hitunglah kecepatan orang terhadap bumi, jikalau.
 - a. Arahnya dengan arah perahu membentuk sudut 60° .
 - b. Arahnya dengan arah perahu membentuk sudut 120° .
 - c. Arahnya dengan arah perahu berimpitan.
 - d. Arahnya dengan arah perahu berlawanan.
2. Sebuah titik melakukan dua gerak lurus beraturan yang arahnya mengapit sudut 45° .

Karena gerak pertama titik itu berpindah tempat sejauh $8\sqrt{2}$ dalam 1 menit, dan karena gerak kedua sejauh 6m dalam waktu $1\frac{1}{2}$ menit.

Hitunglah kecepatan gerak resultannya dan jarak yang ditempuh dalam 3 menit.

3. Sebuah benda melakukan dua gerak lurus beraturan. Kecepatan gerak yang pertama ialah 5 m/sec, kecepatan gerak kedua 12 m/sec.
Tentukanlah besar sudut yang diapit oleh kedua kecepatan itu, jikalau :
 - a. Benda dalam 10 sec menempuh 130 m.
 - b. Benda dalam 8 sec menempuh 136 m.
 - c. Benda dalam 12 sec menempuh 84 m.
4. Seseorang benda menyeberangi sungai, yang lebarnya 420 m kecepatan arusnya $2\frac{1}{2}$

- m/sec. Jikalau ia mengarahkan perahunya siku-siku pada tepi sungai dengan kecepatan tetap sebesar $2\frac{5}{8}$ m/sec, tentukanlah :
- Waktu yang diperlukan untuk menyeberang.
 - Tempat ia sampai di tepi lain.
 - Jarak yang dilaluinya.
5. Seorang penumpang kapal berjalan digeladak dengan gerak lurus beraturan dengan kecepatan 50 cm/det ; arahnya mengapit sudut 60 derajat dengan arah kapal kemuka.
- Kecepatan orang itu terhadap bumi = $50\sqrt{7}$ cm/det. Berapa kecepatan kapal itu ?
6. Sebuah peluru ditembakkan vertikal keatas dari kedudukan (0,25 m) dengan kecepatan awal 20 m/det dan percepatan grafitasi $g = 10$ m/det².
- Tentukanlah ketinggian maksimum yang dicapai peluru tersebut dihitung dari tanah.
 - Berapa saat yang diperlukan peluru tersebut untuk sampai di tanah.
7. Suatu peluru ditembakkan dengan kecepatan awal $v_0 = 100$ m/det dengan sudut elevasi θ dan percepatan grafitasi $g = 10$ m/s². Jika ditentukan $\cos \theta = 0,6$ maka tentukan :
- Kedudukan peluru setelah $5\frac{1}{2}$ detik.
 - Hitung kecepatan peluru pada saat $5\frac{1}{2}$ detik tersebut.
 - Hitung jauh tembakan pada arah mendatar.
8. Suatu titik materi bergerak parabolik dengan kecepatan awal 20 m/s dan dengan sudut elevasi 30° pada arah positif dengan sumbu x. Pada $t_0 = 0$ detik posisi titik materi (0,20) $g = 10$ m/s².
- Bilamana titik materi mencapai ketinggian maksimum dari tanah ?
 - Berapa tinggi maksimum tersebut ?
 - Bilamana, dimana dan dengan kecepatan berapa titik materi tersebut sesaat pada waktu jatuh di tanah.
9. Sebuah titik materi dilemparkan dengan kecepatan awal 60 m dengan sudut elevasi θ sehingga mencapai tinggi maksimum 45 m di atas tanah. Hitung θ .
10. Sebuah benda A letaknya 20 m di atas tanah. Titik A' ialah proyeksinya dit tanah. Dari tempat P dit tanah yang dari A' jauhnya $40\sqrt{3}$ meter ditembakkan peluru dengan kecepatan awal 40 m/s pada benda A tadi, agar supaya benda A dapat kena di tembak, berapakah sudut elvasinya ? ($g = 10$ m/s²)
11. Dari sebuah balon yang naik vertikal ke atas dengan kecepatan tetap sebesar 5 m/det, ditembakkan pada tinggi 100 m di atas tanah dengan arah mendatar sebuah peluru dengan kecepatan awal 50 m/det.
- Tentukanlah bilangan, dimana dan dengan kecepatan berapa peluru sampai di tanah?
 - Tentukanlah tempat peluru tertinggi dari tanah ?



11

KINEMATIKA GERAK ROTASI PARTIKEL

POSISI SEBUAH TITIK DALAM GERAK MELINGKAR

Posisi atau kedudukan sebuah titik dalam gerak melingkar dapat dinyatakan dalam **Koordinat Polar**. Sebagai :

$$\theta = \theta(t) \quad \text{untuk } r \text{ yang tetap}$$

Dengan demikian posisi titik di atas hanya tergantung dari waktu (t) saja, sedangkan :

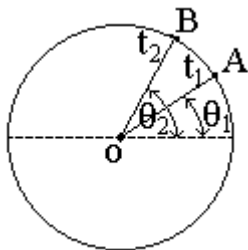
$$\theta = \theta(r,t) \quad \text{untuk } r \text{ dan } t \text{ yang berubah}$$

Dengan demikian posisi titik di atas tidak hanya tergantung dari waktu (t), tetapi juga besar r . Satuan θ dalam rad, r dalam meter dan t dalam detik.

KECEPATAN SUDUT (KECEPATAN ANGULER) SUATU TITIK MATERI DALAM GERAK MELINGKAR (ROTASI)

Perhatikan !

Suatu titik materi yang bergerak dari A yang posisinya θ_1 pada saat t_1 , ke titik B yang posisinya θ_2 pada saat t_2



Vektor perpindahannya $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ dan selang waktu yang dipergunakan titik materi untuk bergerak dari A ke B adalah $\Delta t = t_2 - t_1$

Kecepatan sudut rata-rata didefinisikan :

$$I = M R^2$$

Jika ingin diketahui kecepatan sudut sesaat dari titik materi pada suatu saat, misal saat titik materi berada di antara A dan B dipergunakan **kecepatan sudut sesaat**.

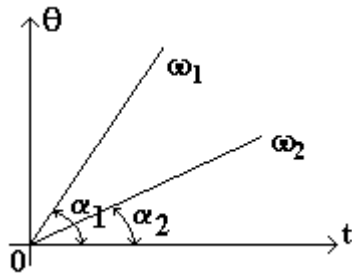
Kecepatan sudut sesaat didefinisikan :

$$\bar{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Secara matematis ditulis sebagai :

$$\bar{\omega} = \frac{d\theta}{dt}$$

Nilai dari komponen kecepatan sudut sesaat dari suatu titik materi dapat dilihat dari kemiringan grafik yang dibentuk oleh komponen posisi θ terhadap t .



$$\omega_1 = \text{tg } \alpha_1$$

$$\omega_2 = \text{tg } \alpha_2$$

Sebaliknya untuk menentukan posisi titik materi jika diketahui fungsi kecepatan sudut diselesaikan dengan *INTEGRAL*.

$$\bar{\omega}(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$d\theta(t) = \bar{\omega}(t) dt$$

$$\int d\theta(t) = \int \bar{\omega}(t) dt$$

$$\theta(t) = \int \bar{\omega}(t) dt$$

PERCEPATAN SUDUT (α)

Kecepatan sudut titik materi dapat berubah-ubah setiap saat, baik besar, atau arah, ataupun kedua-duanya yang disebabkan oleh karena adanya **percepatan sudut** yang dialami titik materi tersebut.

Jika pada saat t_1 kecepatan sudutnya ω_1 dan pada saat t_2 kecepatan sudutnya ω_2 percepatan sudut rata-ratanya dalam selang waktu $t = t_2 - t_1$ didefinisikan sebagai :

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}$$

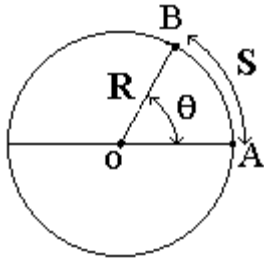
percepatan sudut sesaatnya :

$$\bar{\alpha} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{d(d\theta)}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

DALAM GERAK MELINGKAR TERDAPAT PERCEPATAN TANGENSIAL DAN PERCEPATAN CENTRIPETAL

Kita tinjau titik A berada pada lingkaran berjari-jari R dengan titik pusatnya O.



Kemudian bidang lingkaran tersebut diputar sehingga dalam gerak linier A bergerak sampai titik B dengan menempuh jarak S, sedang sudut yang ditempuh θ

Karena θ adalah sudut pusat lingkaran dan s adalah busur lingkaran, berlakulah $s = \theta \cdot R$

Bila sudut yang ditempuh cukup kecil $\Delta \theta$, demikian panjang busurnya cukup kecil Δs dalam waktu Δt , maka berlakulah :

$$\Delta v = \Delta \omega R$$

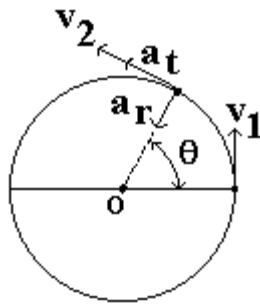
$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} R$$

$$a_t = \alpha \cdot R$$

a_t = percepatan tangensial.

Percepatan di atas disebut dengan percepatan tangensial yaitu : percepatan yang arahnya bersinggungan dengan lingkaran, sedangkan percepatan yang arahnya selalu menuju titik pusat lingkaran disebut **percepatan centripetal (a_r)**.

$$a_r = \frac{v^2}{R} = \frac{(\omega \cdot R)^2}{R} = \omega^2 R$$



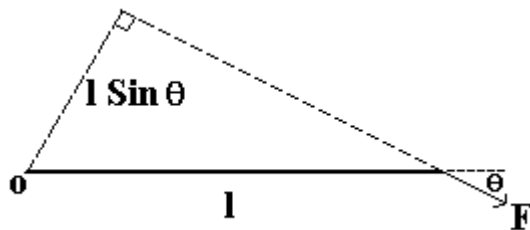
Dari gambar di atas terlihat bahwa percepatan tangensial (a_t) arahnya tegak lurus dengan percepatan centripetal dan bersinggungan dengan keliling lingkaran yang berpusat di O.

MOMEN GAYA DAN MOMEN INERSIA

Dalam gerak translasi gaya dikaitkan dengan percepatan linier benda, dalam gerak rotasi besaran yang dikaitkan dengan percepatan sudut ?

Besaran yang dikaitkan dengan percepatan sudut adalah **MOMEN GAYA**. Karena momen gaya menimbulkan gerak rotasi.

Kita tinjau sebuah batang yang ringan (massa diabaikan) ujung) ditekan sebagai pusat lingkaran dan diujung lain terdapat gaya F membentuk sudut θ .



Momen gaya (λ) didefinisikan:

Momen gaya = perkalian gaya dengan lengan momen.

LENGAN MOMEN adalah panjang garis yang ditarik dari pusat rotasi tegak lurus ke garis kerja gaya.

$$\lambda = F \cdot l \cdot \sin \theta$$

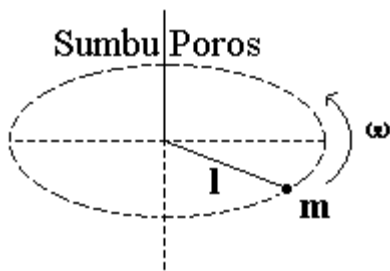
Karena momen gaya adalah besaran vektor maka mempunyai arah.

Arah putar searah dengan arah jarum jam diberi tanda *POSITIF*.

Arah putar berlawanan dengan arah jarum jam diberi tanda *NEGATIF*.

MOMEN INERSIA

Kita tinjau sebuah benda massa m diikat dengan seutas tali panjangnya l. Kemudian pada benda diberikan gaya F sehingga benda dapat berputar dengan sumbu putar O.



Percepatan tangensial yang di dapat oleh benda massa m menurut hukum II Newton :

$$F = m \cdot a_t$$

Ruas kiri dan kanan dikalikan dengan r , sehingga diperoleh :

$$F \cdot r = m \cdot a_t \cdot r$$

$$F \cdot r = m \cdot (\alpha \cdot r) \cdot r$$

$$F \cdot r = m \cdot r^2 \cdot \alpha$$

$m \cdot r^2$ disebut dengan **MOMEN INERSIA (I)**

Dengan demikian di dapat :

$$\lambda = I \cdot \alpha$$

Karena benda terdiri dari komponen-komponen massa kecil. Momen Inersia dari total komponen massa dapat ditulis :

$$I = \sum m \cdot r^2$$

ENERGI KINETIK ROTASI SEBUAH BENDA

Sekarang bayangkanlah sebuah benda tegar yang berotasi dengan laju sudut ω yang mengelilingi suatu sumbu tetap. Masing-masing partikel yang massanya m mempunyai energi

$$Ek_{\text{kinetik}} = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} m r^2 \omega^2$$

kinetik :

dimana r adalah jarak masing-masing partikel terhadap sumbu rotasi, dengan demikian energi kinetik total (E_k total) dapat ditulis :

$$Ek = \frac{1}{2} (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots) \omega^2$$

$$Ek = \frac{1}{2} (\sum m r^2) \omega^2$$

mr^2 adalah momen inersia (kelembaman) terhadap sumbu rotasi tertentu.

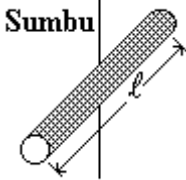
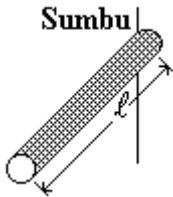
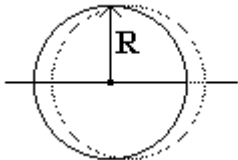
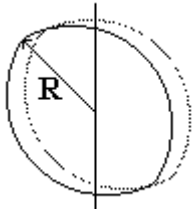
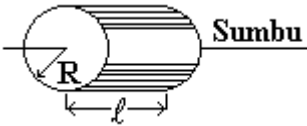
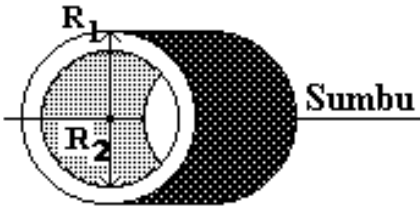
$$I = \sum m r^2$$

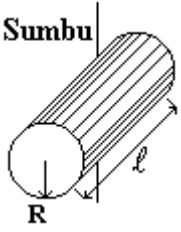
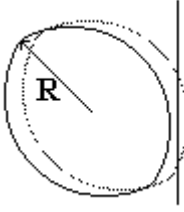
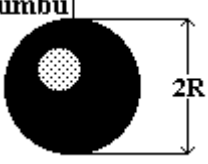

Jadi besarnya Energi kinetik rotasi total benda adalah :

$$Ek_{(total)} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Besarnya momen inersia sebuah benda tergantung dari bentuk benda dan sumbu putarnya.

MOMEN INERSIA BEBERAPA BENDA TERHADAP SUMBU PUTARNYA

No.	Gambar	Nama	Momen Inersia
1		Batang Kurus terhadap sumbu terhadap pusat dan tegak lurus pada panjangnya.	$I = \frac{M \ell^2}{12}$
2		Batang Kurus terhadap sumbu terhadap sumbu yang melalui salah satu ujungnya dan tegak lurus pada panjangnya.	$I = \frac{M \ell^2}{3}$
3		Cincin tipis terhadap sumbu silinder.	$I = M R^2$
4		Cincin tipis terhadap salah satu diameternya.	$I = \frac{M R^2}{2}$
5		Silinder pejal terhadap sumbu silinder.	$I = \frac{M R^2}{2}$
6		Silinder berongga (atau cincin) terhadap sumbu silinder.	$I = \frac{M}{2} (R_1^2 + R_2^2)$

7	 <p>Sumbu</p>	Silinder pejal (atau cakram) terhadap diameter pusat.	$I = \frac{M R^2}{4} + \frac{M \ell^2}{12}$
8		Cincin tipis terhadap salah satu garis singgungnya.	$I = \frac{3M R^2}{2}$
9	 <p>Sumbu</p>	Bola pejal terhadap salah satu diameternya.	$I = \frac{2M R^2}{5}$
10	 <p>Sumbu</p>	Kulit bola tipis terhadap salah satu diameternya.	$I = \frac{2M R^2}{3}$

MOMENTUM SUDUT (ANGULER)

Kita tinjau benda yang massanya m yang berada pada posisi r relatif terhadap titik O dan mempunyai momentum linier p .

Momentum sudut L didefinisikan sebagai :

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Momentum sudut adalah besar vektor yang besarnya adalah :

$$|\vec{L}| = |\vec{r}| |\vec{p}| \sin \theta$$

adalah sudut yang dibentuk antara \vec{r} dan \vec{p}

Pada gerak melingkar karena \vec{v} selalu tegak lurus \vec{r} melalui O pusat lingkaran maka :

$$L = r \cdot p$$

dan $p = m \cdot v$ jadi : $L = m \cdot v \cdot r$

$$L = m (\omega \cdot r) r$$

$$L = m r^2 \omega$$

$$L = I \cdot \omega$$

Bila tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda, maka momentum sudut sebuah benda atau suatu sistem adalah konstan (tetap) dan ini disebut **HUKUM KEKALKAN MOMENTUM ANGULER.**

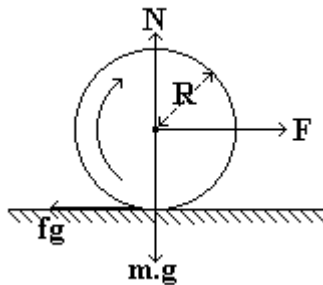
$$L_1 = L_2$$

$$I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2$$

PERISTIWA MENGGELINDING

PADA BIDANG HORIZONTAL.

Sebuah silinder ditarik dengan gaya sebesar F.



R = jari-jari silinder.

Supaya silinder dapat menggelinding yaitu : melakukan dua macam gerakan **translasi dan rotasi** maka bidang alasnya haruslah kasar, artinya ada gaya gesekan antara silinder dengan alasnya.

Bila bidang alasnya licin, silinder akan tergelincir artinya hanya melakukan **gerak translasi** saja.

Pada peristiwa menggelinding ini akan berlaku persamaan-persamaan :

* **Gerak Translasi :**

$$F - fg = m \cdot a \quad \text{dan} \quad N - m \cdot g = 0$$

* **Gerak Rotasi.**

gaya gesek saja yang dapat menimbulkan momen gaya.

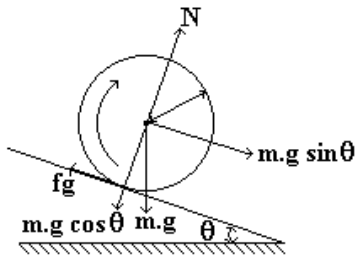
$$\lambda = I \cdot \alpha$$

$$\lambda = fg \cdot R$$

$$I \cdot \alpha = fg \cdot R$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan dan harga momen inersia benda maka di dapat percepatan benda pada saat menggelinding.

* **PADA BIDANG MIRING :**



Gerak Translasi.

$$m \cdot g \sin \theta - fg = m \cdot a \quad \text{dan} \quad N = m \cdot g \cos \theta$$

Gerak Rotasi.

$$\lambda = I \cdot \alpha$$

$$\lambda = fg \cdot R$$

$$I \cdot \alpha = fg \cdot R$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan di atas dan memasukkan nilai momen inersia di dapat percepatan benda saat menggelinding turun dari bidang miring.

KESIMPULAN

Persamaan-persamaan pada gerak translasi dan gerak rotasi terdapat hubungan yang erat.

Pada gerak translasi penyebabnya adalah **GAYA**.

Pada gerak rotasi penyebabnya adalah **MOMEN GAYA**.

GERAK TRANSLASI		GERAK ROTASI	Hubungannya
Pergeseran linier	s	Pergeseran sudut	θ $s = \theta \cdot R$
Kecepatan linier	$v = \frac{ds}{dt}$	Kecepatan sudut	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ $v = \omega \cdot R$
Percepatan Linier	$a = \frac{dv}{dt}$	Percepatan sudut	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ $a = \alpha \cdot R$
Kelembaman translasi (massa)	m	Kelembaman rotasi (momen inersia)	I $I = \sum m \cdot r^2$
Gaya	$F = m \cdot a$	Torsi (momen gaya)	$\lambda = I \cdot \alpha$ $\lambda = F \cdot R$
Energi kinetik	$Ek = \frac{1}{2} m v^2$	Energi kinetik	$Ek = \frac{1}{2} m v^2$ -
Daya	$P = F \cdot v$	Daya	$P = \lambda \cdot \omega$ -
Momentum linier	$p = m \cdot v$	Momentum anguler	$L = I \cdot \omega$ -

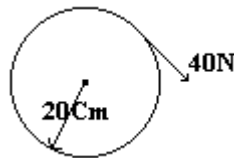
PADA GERAK DENGAN PERCEPATAN TETAP.

GERAK TRANSLASI (ARAH TETAP)	GERAK ROTASI (SUMBU TETAP)
Hanya berlaku untuk GLBB	Hanya berlaku untuk GMBB
$vt = v_0 + at$	$\omega t = \omega_0 + \alpha \cdot t$
$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2$
$v_t^2 = v_0^2 + 2 a \cdot s$	$\omega t^2 = \omega_0^2 + 2 \alpha \cdot \theta$

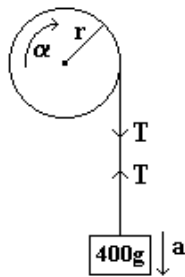
SOAL LATIHAN

1. Sebuah bola digantungkan pada seutas tali yang panjangnya 50 cm sehingga dapat berayun. Ketika bola tersebut terletak 30° terhadap garis vertikal, mempunyai kecepatan 2 m/s.
Tentukanlah :
 - a. Percepatan sentripetal.
 - b. Percepatan tangensial.
 - c. Percepatan bola pada posisi 30° terhadap garis vertikal.
2. Batu gerinda berjari-jari 5 cm diputar dengan kecepatan sudut 15 rad/s serta percepatan sudut 10 rad/s^2 . Tentukan percepatan tangensial dan besar serta arah percepatan.
3. Sebuah roda berputar mula-mula dengan $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$. Setelah interval 3 sekon, putarannya dipercepat sehingga $\omega_2 = 40 \text{ rad/s}$. Carilah percepatan sudut rata-rata selama waktu itu.
4. Percepatan sudut suatu roda adalah 12 rad/s^2 . Carilah waktu yang digunakan untuk perubahan kecepatan sudut dari 100 rad/s menjadi 340 rad/s.
5. Sebutir partikel berputar pada lingkaran mempunyai persamaan $\theta = 3t^2 + 2t$, dengan θ diukur dalam radian dan t dalam detik. Carilah kecepatan sudut dan percepatan sudut sesudah 4 sekon.
6. Sebuah roda yang berputar pada kecepatan 6 putaran/detik mengalami percepatan sudut sebesar 4 rad/s^2 . Berapakah waktu diperlukan agar kecepatan sudut sebesar 26 putaran/detik dicapai dan berapa pula jumlah putaran telah dilakukan roda dalam waktu itu.
7. Suatu bidang lingkaran berputar dengan persamaan $a_t = 5t + 6$ (a dalam m/s^2 dan t dalam detik). Bila jari-jari lingkaran 2 m sedangkan pada keadaan awal kecepatan tepi lingkaran 5 m/s tentukan :
 - a. Kecepatan sudut pada saat $t = 3$ detik.
 - b. Percepatan radial dan percepatan tangensial pada saat $t = 3$ sekon.
 - c. Sudut yang ditempuh selama 4 detik.
8. Suatu benda, mula-mula diam ($\theta = 0$ dan $\omega = 0$ pada $t = 0$) dipercepat dalam lintasan melingkar berjari-jari 1,3 m mengikuti persamaan $\alpha = 120 t^2 - 48 t + 16$. Tentukanlah posisi sudut dan kecepatan sudut benda itu sebagai fungsi waktu dan komponen percepatan tangensial serta komponen percepatan centripetalnya.
9. Sebuah roda bermassa 6 kg dengan radius girasi 40 cm, berputar dengan kecepatan 300 rpm, Tentukan momen inersia dan energi kinetik rotasi benda itu.
10. Sebuah bola beraturan 500 gram dengan jari-jari 7 cm berputar dengan 30 putaran/detik pada sebuah sumbu yang melalui titik pusatnya. Berapakah energi kinetik rotasi, momentum sudut dan jari-jari girasinya.
11. Baling-baling suatu pesawat bermassa 70 kg dengan radius girasi 75 cm. Berapakah momen inersia baling-baling itu. Agar baling-baling dapat dipercepat dengan percepatan sudut 4 putaran/s^2 . Berapakah torsi yang diperlukan.

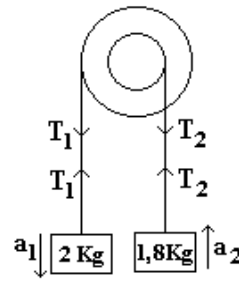
12. Gambar dibawah ini menunjukkan gaya 40 N dikerjakan secara tangensial pada tepi roda berjari-jari 20 cm. dan bermomen inersia 30 kg.m². Tentukanlah :
- Percepatan sudut.
 - Kecepatan sudut roda 4 detik setelah roda mulai berputar dari keadaan diam.
 - Energi kinetik rotasi setelah 4 detik.



13. Tentukan torsi tetap yang dalam waktu 10 detik dapat memberikan kecepatan sudut sebesar 300 rpm pada roda gila 50 kg dengan radius girasi 40 cm.
14. Gambar dibawah ini menunjukkan massa = 400 gram menggantung pada ujung tali yang dililitkan pada tepi roda dengan jari-jari $r = 15$ cm. Setelah dilepas dari keadaan diam, diketahui bahwa massa dalam waktu 6,5 detik turun sebanyak 2 meter. Berapakah momen inersia roda.



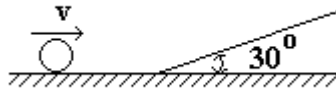
Gambar No 16.



Gambar No 17.

15. Perhatikan gambar di atas ini menunjukkan sistem katrol. Momen inersia sistem katrol itu adalah $I = 1,7$ kg.m² dengan $r_1 = 50$ cm dan $r_2 = 20$ cm. Berapakah percepatan sudut sistem katrol dan berapakah tegangan tali T_1 dan T_2 ?
16. Suatu roda gila (flywheel) yang berjari-jari 20 cm, dan momen inersia 0,5 kg m² dililiti dengan seutas tali. Tali ini ditarik oleh gaya tegangan yang tetap sebesar 50 N sehingga roda berputar melalui sudut 4 radian. Jika kecepatan sudut awal 3 rad/s. carilah kecepatan sudut akhir roda.
17. Suatu cakram besar sedang berputar melalui poros vertikal yang melalui titik pusatnya, $I = 4000$ kg m². Pada saat cakram berputar dengan kecepatan 0,150 putaran/detik. Seorang massanya 90 kg meloncat pada cakram hingga jatuh pada jarak 3 m dari poros perputaran cakram. Berapakah kecepatan perputaran sesudah itu.
18. Pada gambar di bawah ini menunjukkan bola pejal beraturan menggelinding pada lantai

datar dengan kecepatan 20 m/s. Tanpa menghiraukan gesekan, sampai seberapa tinggikah benda dapat naik ?



12

HUKUM GRAVITASI UNIVERSAL

Sir Isaac Newton, selain terkenal dengan hukum-hukum I, II dan III Newton tentang gerak, juga terkenal dengan *Hukum Gravitasi Umum/Universal*. Berdasarkan pada partikel-partikel bermassa senantiasa mengadakan gaya tarik menarik sepanjang garis yang menghubungkannya, Newton merumuskan hukumnya tentang gravitasi 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 gravitasi, satuan : NEWTON.

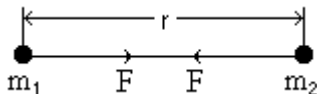
G = Konstanta gravitasi, besarnya :

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

m = massa benda, satuan : KILOGRAM

r = jarak antara kedua partikel, satuan : METER

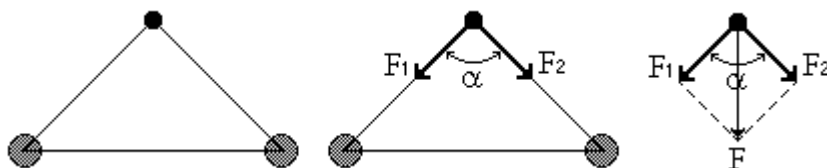
Gaya gravitasi adalah besaran vektor yang arahnya senantiasa menuju pusat massa partikel.



Untuk gaya gravitasi 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 GRAVITASI

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

Dalam bentuk persamaan, dapat dinyatakan dengan :

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

g = kuat medan gravitasi ; satuan : N.kg⁻¹

F = Gaya gravitasi satuan : N

m = Massa benda satuan : kg

KUAT MEDAN GRAVITASI OLEH BENDA BERMASSA

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

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

Bila kita hitung kuat medan gravitasi yang dialami oleh massa m' sebagai akibat dari gaya gravitasi 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 :

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

ENERGI POTENSIAL GRAVITASI

Benda bermassa m yang terletak diluar bumi, energi potensial gravitasinya pada jarak r dari pusat bumi, dinyatakan dengan persamaan :

$$E_p = - G \frac{M.m}{r}$$

E_p = Energi potensial gravitasi

G = Konstanta gravitasi
M = massa bumi
m = massa benda
r = Jarak pusat benda ke pusat bumi.

Tanda negatif (-) berarti jika benda bergerak di bawah pengaruh gaya gravitasi dari jarak tak terhingga (∞) ke jarak r maka energi potensialnya akan berkurang, karena dipergunakan untuk menambah energi kinetik dengan makin besarnya laju benda waktu bergerak mendekati bumi. Jika mula-mula benda berada di tempat yang jauh tak hingga ($r = \infty$) dengan energi kinetik sama dengan nol, maka dalam perjalanan mendekati bumi, medan gravitasi merubah energi potensial menjadi energi kinetik. Pada waktu sampai di bumi energi kinetik benda sama dengan energi potensial gravitasi. Jadi :

$$\frac{1}{2}mv^2 = G \frac{M \cdot m}{R}$$

m = massa benda.
M = massa bumi.
R = jari-jari bumi.
v = kecepatan benda di permukaan bumi.

HUKUM KEKALKAN ENERGI

Hukum kekekalan energi mekanik total berlaku untuk medan gravitasi dan harganya adalah :

$$E_{mek} = E_k + E_p$$

$$E_{mek} = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{M \cdot m}{R}$$

Kita dapat mendefinisikan energi potensial sebagai berikut :

Jika $E_p(A)$ = energi potensial di titik A dan $E_p(B)$: energi potensial di titik B, maka beda energi potensialnya :

$$E_p(B) - E_p(A) = - G M m \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

r_A = jarak titik A ke pusat bumi.

r_B = jarak titik B pusat bumi.

oleh karena usaha merupakan perubahan energi potensial maka usaha yang dilakukan sepanjang garis dari A ke B dapat dinyatakan dengan :

$$W_{A \rightarrow B} = - G M m \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

$W_{A \rightarrow B}$ = Usaha dari A ke B.

POTENSIAL GRAVITASI

Potensial gravitasi didefinisikan sebagai :

Tenaga potensial gravitasi per satuan massa.

Dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$v = \frac{Ep}{m}$$

v = potensial gravitasi, satuan : Joule/kg.

Ep = Energi potensial gravitasi, satuan : Joule

m = massa benda, satuan : kg.

POTENSIAL GRAVITASI OLEH BENDA BERMASSA

Energi potensial gravitasi benda bermassa m' yang terletak pada jarak r dari pusat massa benda bermassa m dapat kita nyatakan dengan persamaan :

$$Ep = -G \frac{m m'}{r}$$

Bila massa m' terletak dititik p maka potensial gravitasi di titik p yang dialami oleh massa m' dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V = \frac{Ep}{m'} = \frac{-G \frac{m m'}{r}}{m'}$$

$$V = -G \frac{m}{r}$$

V = potensial gravitasi pada jarak r dari massa m

m = massa benda

r = jarak tempat yang mengalami potensial grafitasi ke benda.

Potensial gravitasi merupakan besaran skalar, karena itu potensial yang disebabkan oleh berapa benda bermassa merupakan jumlah aljabar dari potensial gravitasi masing-masing benda bermassa itu, Jadi :

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

Beda potensial antara dua titik dalam medan gravitasi didefinisikan sebagai :

Potensial di titik yang satu dikurangi dengan potensial dititik yang lain.

Usaha yang dilakukan untuk mengangkut, massa m dari satu titik ke titik lain lewat sembarang lintasan sama dengan massa benda itu kali beda potensial antara kedua titik itu.

$$W_{A \rightarrow B} = m (V_B - V_A)$$

$$W_{A \rightarrow B} = \text{Usaha dari A ke B.}$$

HUKUM KEKALKAN ENERGI

Untuk gerakan benda dalam medan gravitasi yang tidak sama kekuatan di semua titik, hendaknya dipecahkan dengan perhitungan potensial gravitasi atau tenaga potensial gravitasi.

Jika gaya-gaya gesekan diabaikan, dasar persangkutannya hanyalah kekekalan energi, yaitu :
 $E_k + E_p = \text{konstan}$.

$$E_{k(1)} + E_{p(1)} = E_{k(2)} + E_{p(2)}$$

Disini pembicaraan akan kita batasi hanya mengenai gerakan massa m dalam medan gravitasi yang ditimbulkan oleh titik tunggal yang tetap atau bola homogen bermassa M . Sehingga :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \text{ dan } E_p = m V = - G \frac{M m}{r}$$

Akhirnya kita dapatkan bahwa :

$$\frac{1}{2} m(v_1)^2 - G \frac{M m}{r_1} = \frac{1}{2} m(v_2)^2 - G \frac{M m}{r_2}$$

$$(v_2)^2 = (v_1)^2 + 2G M \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

KELAJUAN LEPAS

Sebuah benda yang dilemparkan lurus ke atas dari permukaan bumi hanya dapat naik sampai jarak tertentu pada waktu energi Kinetik benda sama dengan nol, kemudian akan kembali lagi ke permukaan bumi. Jika suatu benda dilemparkan dari permukaan bumi dengan energi kinetik yang besarnya sama dengan energi potensial dipermukaan bumi, maka energi totalnya sama dengan nol.

Ini berarti benda bergerak ke jauh tak terhingga atau lepas dari bumi. Kelajuan awal agar ini terjadi disebut kelajuan lepas, dan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{1}{2} mv^2 = G \frac{M m}{R}$$

$$v = \sqrt{2Rg}$$

- v = kelajuan lepas
- R = jari-jari bumi
- g = percepatan gravitasi bumi

GERAKAN PLANET

Menurut Keppler (hukum Keppler), perbandingan antara T^2 dari gerakan planet yang mengelilingi matahari terhadap r^3 adalah konstan.

$$\frac{T_2}{r_3} = c$$

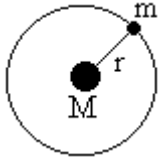
- T = periode
- r = jari-jari lintasan

$$(T_1)^2 : (T_2)^2 = (r_1)^3 : (r_2)^3$$

Dan dari gerak melingkar beraturan dapat kita peroleh :

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Karena planet bergerak pada lintasan yang tetap maka terdapat gaya sentripetal yang mempertahankan planet tetap pada lintasannya.



Gaya sentripetal dalam hal ini adalah gaya gravitasi yang dialami oleh planet yang disebabkan oleh matahari. Bila massa planet m dan massa matahari M maka gaya gravitasi antara planet dan matahari pada jarak r, adalah :

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

Gaya ini merupakan gaya sentripetal. Bila selama mengitari matahari planet bergerak dengan laju tetap sebesar v, maka dapat dinyatakan bahwa :

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

$$G \frac{M}{r} = v^2$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

Jika planet bergerak dengan kelajuan sudut ω maka dapat dinyatakan suatu persamaan dalam

bentuk: $\omega^2 = G \frac{M}{r^3}$

- ω = kelajuan sudut
- M = massa matahari
- r = jari-jari lintasan

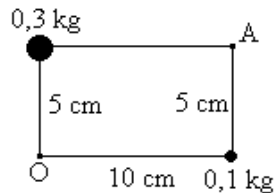
SOAL LATIHAN

1. Dua buah benda masing-masing massanya 10 kg dan 20 kg terpisahkan pada jarak 2 meter satu dengan yang lain. Tentukan gaya grafitasi antara kedua benda itu.
2. Gaya tarik grafitasi 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.
3. Massa sebesar 5 kg terpisah pada jarak 2 meter dari massa yang lain. Gaya grafitasi antara kedua benda adalah sebesar $2,5 \times 10^{-10}$. Tentukan massa benda yang lain.
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.
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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 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.
 12. Tentukanlah kuat medan grafitasi pada suatu titik berjarak 2 meter dari suatu massa sebesar 25 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.
 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 grafitasi di titik pusat koordinat.
 15. Dua buah bola bermassa masing-masing besarnya 4 kg terpisah pada jarak $2\sqrt{3}$. Tentukanlah kuat medan grafitasi pada suatu titik yang berjarak 2 cm dari kedua massa itu.
 16. Dua buah benda bermassa masing-masing 0,4 kg terpisah pada jarak 1,2 meter satu dengan yang lain. Tentukanlah kuat medan grafitasi di suatu titik yang terletak 0,4 meter dari massa 0,4 kg dan 0,8 meter dari massa 0,8 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.
 18. Tentukanlah energi potensial grafitasi yang dialami oleh massa sebesar 2kg yang terletak dipermukaan bumi. Massa bumi kira-kira 6×10^{24} kilogram. Jari-jari bumi kira-kira $6,38 \times 10^6$ meter dan konstanta grafitasi $6,67 \times 10^{11}$ Nm²/kg².
 19. Tentukan energi potansial grafitasi yang dialami oleh massa sebesar 2 kg yang terletak

pada jarak 5 meter dari suatu benda yang bermassa 30 kg.

20. Suatu benda yang massanya 10 kg berada pada suatu tempat yang memiliki energi potensial gravitasi yang besarnya sama dengan 5×10^8 joule. Tentukanlah potensial gravitasi yang dialami oleh benda itu.
21. Tentukanlah potensial gravitasi pada suatu titik yang terletak 2 meter dari suatu benda bermassa 25 kg.
22. Pada gambar di bawah ini, massa $m_1 = 0,3$ kg dan massa $m_2 = 0,1$ kg.



- a. Tentukanlah potensial gravitasi yang disebabkan oleh massa m_1 dan m_2 dititik O dan dititik A.
- b. Berapakah usaha yang dilakukan untuk mengangkat massa $m = 0,01$ kg dari titik A ke titik O -5 G J/kg.
23. Dua massa masing-masing 0,2 kg dan 0,8 kg terpisah sejauh 0,12 meter.
 - a. Tentukan potensial gravitasi pada titik 0,04 meter dari massa 0,2 kg dan 0,08 meter dari massa 0,8 kg.
 - b. Berapa usaha yang diperlukan untuk memindahkan massa sebesar 1 kg dari titik jauh tak hingga ke suatu titik yang terletak 0,08 meter dari massa 0,8 kg.
24. Massa bulan kira-kira $6,7 \times 10^{22}$ kg dan radiusnya $1,5 \times 10^6$ meter. Hitunglah dengan kecepatan berapa suatu benda harus ditembakkan dari permukaan bulan hingga mencapai jarak yang sama dengan radius bulan.
25. Berapakah kecepatan penembakkan keatas sebuah benda dari permukaan bumi agar benda itu dapat mencapai tinggi 640 Km. Percepatan gravitasi di anggap konstan dan besarnya sama dengan 10 m/det^2 . Jari-jari bumi 6.400 Km.
26. Sebuah titik bermassa dilepaskan dari jarak $3R$ dari pusat bola rongga berdinding tipis dari keadaan berhenti. Bola itu radiusnya R , massanya M dan letaknya tetap. Gaya yang bekerja pada titik bermassa tersebut hanyalah gaya gravitasi yang ditimbulkan oleh bola rongga tadi. Pada bola itu ada lubangnya kecil yang dapat dilalui titik bermassa waktu jatuh.
 - a. Berapakah kecepatannya ketika tepat sampai pada lubang itu ?
 - b. Berapakah kecepatannya ketika lewat titik pusat bola.
27. Berapakah kecepatannya yang diperoleh sebuah benda yang jatuh dari ketinggian h menuju ke permukaan bumi ? Abaikan gesekan. Nyatakan jawabnya dengan percepatan g dipermukaan Bumi dan radius bumi R . Dalam hal ini h dianggap demikian besar, hingga perubahan percepatan gravitasi harus diperhitungkan.
28. Tentukan dengan kecepatan berapa suatu benda harus ditembakkan dari permukaan bumi sehingga mencapai ketinggian sama dengan 2 kali jari-jari bumi.

13

HUKUM HOOKE DAN ELASTISITAS

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 diiadakan bentuk kembali seperti semula.

Tegangan (*Stress*)

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

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

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 deri ukuran-ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan.

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

Regangan karena gaya geser didefinisikan sebagai tangensial sudut u karena u kecil sekali, maka :

Modulus Kelentingan.

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

Modulus kelentingan linier atau disebut juga modulus young.

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

Diagram tegangan-regangan jenis logam yang tertarik.

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

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.

(Tanda (-) hanya menunjukkan arah).

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

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 :

Susunan Pegas

Jika dua buah pegas dengan konstanta pegas k_1 dan k_2 disusun paralel maka diperoleh konstanta pegas

gabungan (k_p)

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

Dengan demikian berlaku untuk beberapa buah pegas.

SOAL LATIHAN

1. Sepotong baja yang panjangnya 4 m dan diameternya 9 cm dipakai untuk mengangkat beban yang massanya 80.000 kg. Modulus Young = $1,9 \times 10^{11}$ N/m². Berapakah pertambahan panjang baja itu ?
2. Modulus Young suatu kawat adalah $6,0 \times 10^{10}$ Pa. Untuk memperoleh pertambahan panjang sebesar 2 % berapakah tegangan yang diperlukan (stress) ?
3. Suatu pegas digantungkan pada lift. Jika lift berhenti beban 5 kg digantungkan pada pegas ternyata bertambah panjang 2,5 cm. Hitunglah pertambahan panjang pegas jika lift bergerak keatas dengan percepatan 2 m/s². ($g = 10$ m/s²).
4. Sebuah pegas panjangnya 10 cm, kemudian ditarik dengan gaya 100 N. Panjangnya menjadi 12 cm. Hitunglah :
 - a. Gaya yang diperlukan agar panjangnya 15 cm.
 - b. Hitung energi potensial pegas saat panjangnya 15 cm.
5. Sebuah pegas bertambah panjang 1 cm jika diberi beban 10 N. Hitunglah : ..
 - a. Energi potensial pegas pada saat pertambahan panjangnya 3 cm.
 - b. Berapa usaha untuk meregangkan pegas dari 2 cm menjadi 4 cm.
6. Lihat gambar di bawah ni.

Hitunglah konstanta pegas total susunan pegas di atas.

7. Lihat dan amati gambar di bawah ini.

Hitunglah :

- a. penambahan panjang masing-masing pegas.
- b. Hitung gaya yang bekerja
- c. Hitung energi potensial pegas gabungan.

8. 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

9. Sebuah specimen baja berukuran $10 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ ditarik dengan gaya 5.000 N beertambah panjang

5 mm . Hitunglah modulus Young bahan.

14

GERAK GETARAN

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, percepatannyapun 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**.

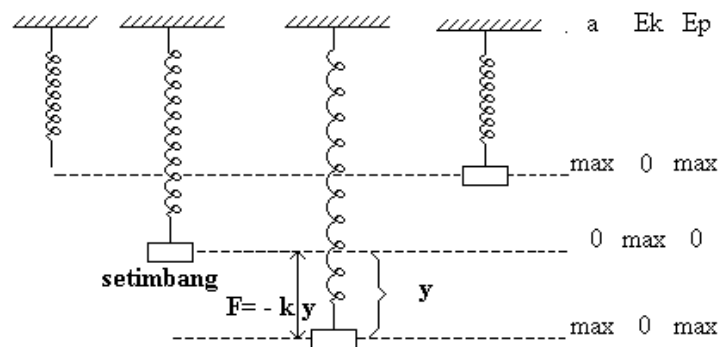
Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu lintasan bolak-balik disebut **Periode**, sedangkan banyaknya getaran tiap satuan waktu disebut **Frekwensi**. Hubungan antara

$$T = \frac{1}{f}$$

periode (T) dan frekwensi (f) menurut pernyataan ini adalah :

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)*.

Bila beban dilepas dari kedudukan terbawah (A), beban akan bergerak bolak balik

sepanjang garis A-O-B. Gerak bolak-balik disebut getaran dan getaran yang gaya penggerakannya sebanding dengan simpangannya disebut : Gerak Harmonis.

Simpangan yang terbesar disebut Amplitudo getaran (A).

Saat simpangan benda y, percepatannya :

$$A = \frac{F}{m} = \frac{-ky}{m}$$

Besar energi potensialnya : $E_p = \frac{1}{2} ky^2$

Ketika simpangannya terbesar energi kinetiknya $E_k = 0$, sedangkan energi potensialnya $E_p = \frac{1}{2} kA^2$ Jadi energi getarannya $E = E_p + E_k = \frac{1}{2} kA^2 + 0$

$$E = \frac{1}{2} kA^2$$

Energi kinetik saat simpangannya y dapat dicari dengan hukum kekekalan energi.

$$E = E_p + E_k$$

$$E_k = E - E_p = \frac{1}{2} kA^2 - \frac{1}{2} ky^2$$

FREKWENSI (f)

Gerakan dari A-)B-O-A disebut satu getaran, waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran disebut PERIODE (T) dan banyaknya getaran yang dilakukan dalam satu detik disebut bilangan getar atau FREKWENSI

Dalam T detik dilakukan 1 getaran

$$\frac{1}{T}$$

Dalam 1 detik dilakukan $\frac{1}{T}$ getaran

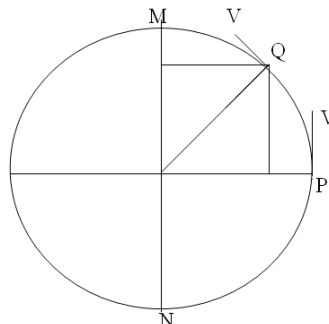
$$\text{Jadi : } f = \frac{1}{T}$$

Satuan T dalam detik, f dalam Hertz atau cps (cycles per sekon) atau rps (rotasi per sekon)

PROYEKSI GERAK MELINGKAR BERATURAN

Gerak bolak-balik piston menjadi gerak putaran pada sebuah kendaraan bermotor, gerak putar pada sebuah mesin jahit menjadi gerak bolak-balik jarum mesin jahit, menunjukkan adanya kaitan antara gerak melingkar dengan gerak harmonik.

Gerak melingkar beraturan titik P dalam tiap-tiap saat diproyeksikan pada garis tengah MN, titik proyeksinya yakni titik Q bergerak dari O-M-O-N-O, dengan kata lain titik Q bergerak menyusuri MN bolak-balik. Apakah gerak titik Q gerak harmonik ? akan kita bahas.



Amplitudo gerak titik Q sama dengan periode

adalah R dan periodenya gerak melingkar beraturan.

Bila dalam t detik titik P menempuh sudut θ , maka $\theta = \omega.t$
 Dalam waktu yang sama titik Q mempunyai simpangan : $y = A \sin \theta \rightarrow y = A \sin \omega.t$
 Kecepatannya saat itu = $vt = v \cos \theta \rightarrow vt = v \cos \omega.t \rightarrow vt = \omega.A \cos \omega.t$
 Percepatan saat itu : $at = ac \sin \theta = \omega^2 A \sin \omega.t$
 Oleh karena arah percepatan ke bawah, tandanya negatif :
 $At = -\omega^2 A \sin \omega.t$

Bila massa titik Q adalah m, besar gaya yang bekerja pada titik itu :
 $F = m.a = -m \omega^2 A \sin \omega.t$
 $F = -m \omega^2 y.$

$m \omega^2$ adalah bilangan yang konstan ©, sehingga : $F = -k.y$
 Persamaan terakhir menyatakan bahwa gaya yang bekerja pada titik Q sebanding dengan simpangannya. Jadi proyeksi gerak melingkar beraturan adalah GERAK HARMONIS.
 Persamaan di atas gerak mulai dari titik setimbang, jika tidak maka persamaan secara umum ditulis sbb : $y = A \sin (\omega.t + \theta_0)$

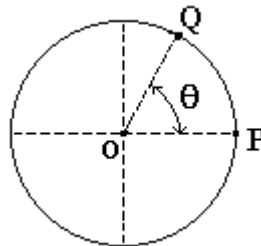
PERIODE GERAK HARMONIS

$$k = m \omega^2 \quad k = m \frac{4\pi^2}{T^2} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

m massa benda dalam kg, k tetapan pegas dalam N/m dan T periode getaran dalam detik.

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 : $\phi_Q = \frac{t}{T} = \frac{\theta}{360}$

$$\phi = \frac{(t+T)}{T} = \frac{t}{T} + 1$$

Sesudah bergetar (t + T) detik phasenya :
 Keadaan titik Q sama dengan keadaan titik Q dalam hal yang pertama.

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

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

Beberapa contoh getaran harmonis.

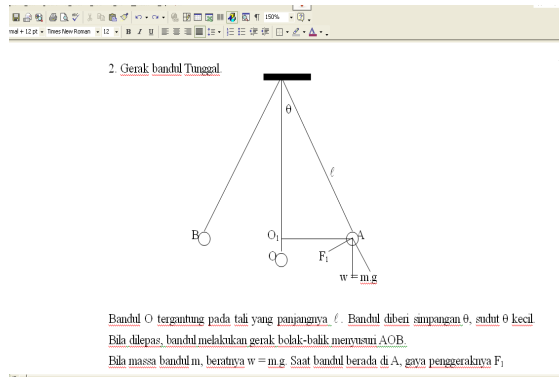
1. Getaran pegas.

Salah satu ujung sebuah pegas dijepit dan ujung lainnya diberi simpangan. Gaya pegas yang timbul

akan menggerakkan pegas, makin kecil simpangan, makin kecil gaya penggerakannya. Gaya yang

menggerakkan pegas sebanding dengan simpangannya, pegas melakukan gerak harmonis.

2. 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 $w = m \cdot g$. Saat bandul berada di A, gaya penggerakanya F_1

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

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

$\frac{m \cdot g}{l}$ 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.

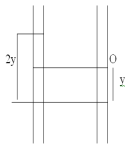
$$= 2\pi \sqrt{\frac{m}{m \cdot g / \ell}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

T adalah waktu ayun bandul dalam detik, ℓ panjang bandul dalam meter, dan g percepatan gravitasi dalam m/det².

3. Gerak zat cair dalam pipa U

• 11 p • Tes Baru Fisika • 12 •

3 Gerak zat cair dalam pipa U.



Pipa U yang penampangnya sama (A) sebagian berisi zat cair, permukaan zat cair menempati posisi O. Bila panjang zat cair ℓ dan massa jenisnya ρ , massa seluruh zat cair $\rho \cdot A \cdot \ell$. Kemudian zat cair diberi simpangan y , perbedaan tinggi permukaan zat cair dalam

Pipa U yang penampangnya sama (A) sebagian berisi zat cair, permukaan zat cair menempati posisi O. Bila panjang zat cair ℓ dan massa jenisnya ρ , massa seluruh zat cair

$\rho \cdot A \cdot \ell$. Kemudian zat cair diberi simpangan y , perbedaan tinggi permukaan zat cair dalam kedua kaki menjadi $2y$. Berat zat cair yang tingginya $2y$ merupakan gaya penggerak zat cair.

$F = 2y \rho \cdot A \cdot g$, sedangkan $2A \rho g$ adalah bilangan tetap k. jadi $F = k \cdot y$, gaya penggerak sebanding dengan simpangannya, gerak zat cair adalah gerak Harmonis.

Periodenya dapat dicari sebagai berikut :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho \cdot A \ell}{2A \cdot \rho \cdot g}} \quad T = \pi \sqrt{\frac{2\ell}{g}}$$

SOAL LATIHAN

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 :
- Amplitudo, frekwensi dan periode geraknya.
 - Kecepatan dan percepatan sesaat.
 - Posisi, kecepatan dan percepatan pada saat $t = 2$ detik.
 - Kecepatan dan percepatan maksimumnya.
 - Energi kinetik dan energi potensialnya saat $t = 1$ detik jika $m = 100$ gram
 - Energi totalnya.
2. 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 :
- Energi sistem dan kecepatan maksimum benda apabila amplitudo $= 4$ cm.
 - Kecepatan benda pada saat simpangannya 3 cm.
 - Energi kinetik dan energi potensial sistem pada saat simpangannya 3 cm.
3. 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 :
- Periodenya.
 - Persamaan gerak dari benda tersebut.
 - Kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial pada saat simpangannya 20 cm.
4. Dua getaran selaras masing-masing dinyatakan dengan persamaan :
- $$y_1 = 15 \sin 8t \text{ dan } y_2 = 18 \sin (8t + \pi/4) \text{ amplitudo dalam cm. Tentukanlah :}$$
- Periode masing-masing getaran.
 - Beda fase kedua getaran.
 - Kecepatan dan percepatan maksimum masing-masing getaran selaras tersebut.
4. Berapa simpangan getaran selaras yang menggetar vertikal, agar pada saat itu energi potensialnya sama dengan energi kinetiknya, jika amplitudonya 10 cm.
5. Benda yang bermassa 100 gram bergetar selaras vertikal dengan amplitudo 5 cm dan frekwensinya 10 cps. Pada suatu ketika fasenya $1/12$, maka tentukan :
- Simpangan pada saat itu.
 - Gaya yang bekerja pada saat itu.
 - Energi potensial terhadap kedudukan setimbang pada saat itu.
 - Kelajuan dan perlajuan benda pada saat itu.
 - Energi kinetik benda pada saat itu.
6. Ditentukan persamaan gerak getar adalah $y = 10 \sin 50\pi t$, y dalam cm dan t dalam detik. Ditanyakan :
- Persamaan percepatannya.
 - Percepatan maksimumnya.
 - Bila suatu saat fasenya $= 1/5$, telah berapa detik benda bergetar.
 - Hitung panjang simpangan pada saat soal 8c.
 - Hitung besarnya kecepatan getar pada saat $t = 1/75$ detik.
7. Kecepatan maksimum suatu gerak harmonis sederhana 7 m/s dan percepatan maksimumnya 20 m/s². Hitunglah amplitudonya.

8. Suatu benda melakukan GHS pada saat simpangannya 10 cm di atas titik setimbang mempunyai kecepatan $\frac{1}{2}$ kali kecepatan maksimumnya arah gerakanya ke bawah, sedang percepatan maksimum GHS adalah $8000\pi^2\sqrt{3}$ cm/s² Hitunglah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai itu.
9. Sebuah benda digantungkan dengan tali yang panjangnya 1,6 m. Berapa detik waktu yang diperlukan untuk melakukan 100 ayunan.
10. 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.



15

USAHA DAN ENERGI

U S A H A

Usaha adalah hasil kali komponen gaya dalam arah perpindahan dengan perpindahannya.

Jika suatu gaya F menyebabkan perpindahan sejauh \vec{x} , maka gaya F melakukan usaha sebesar W , yaitu

$$W = F \cos \alpha \cdot \vec{x}$$

W = usaha ; F = gaya ; \vec{x} = perpindahan , α = sudut antara gaya dan perpindahan

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Usaha (W)	joule	erg
Gaya (F)	newton	dyne
Perpindahan (\vec{x})	meter	cm

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg}$$

Catatan : Usaha (work) disimbolkan dengan huruf besar W
Berat (weight) disimbolkan dengan huruf kecil w

Jika ada beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda, maka usaha total yang dilakukan terhadap benda tersebut sebesar :

Jumlah usaha yang dilakukan tiap gaya, atau
Usaha yang dilakukan oleh gaya resultan.

DAYA

Daya (P) adalah usaha yang dilakukan tiap satuan waktu.

$$P =$$

P = daya ; W = usaha ; t = waktu

Daya termasuk besaran scalar yang dalam satuan MKS mempunyai satuan watt atau J/s

Satuan lain adalah : 1 HP = 1 DK = 1 PK = 746 watt

HP = Horse power ; DK = Daya kuda ; PK = Paarden Kracht

1 Kwh adalah satuan energi besarnya = $3,6 \cdot 10^6$ watt.detik = $3,6 \cdot 10^6$ joule

KONSEP ENERGI

Suatu system dikatakan mempunyai energi/tenaga, jika system tersebut mempunyai kemampuan untuk melakukan usaha. Besarnya energi suatu system sama dengan besarnya usaha yang mampu ditimbulkan oleh system tersebut. Oleh karena itu, satuan energi sama dengan satuan usaha dan energi juga merupakan besaran scalar.

Dalam fisika, energi dapat digolongkan menjadi beberapa macam antara lain : Energi mekanik (energi kinetik + energi potensial) , energi panas , energi listrik, energi kimia, energi nuklir, energi cahaya, energi suara, dan sebagainya.

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan yang terjadi hanyalah transformasi/perubahan suatu bentuk energi ke bentuk lainnya, misalnya dari energi mekanik diubah menjadi energi listrik pada air terjun.

ENERGI KINETIK

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh setiap benda yang bergerak. Energi kinetik suatu benda besarnya berbanding lurus dengan massa benda dan kuadrat kecepatannya.

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

E_k = Energi kinetik ; m = massa benda ; v = kecepatan benda

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Energi kinetik (E_k)	joule	erg
Massa (m)	Kg	gr
Kecepatan (v)	m/det	cm/det

Usaha = perubahan energi kinetik.

$$W = \Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}$$

ENERGI POTENSIAL GRAVITASI

Energi potensial gravitasi adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena pengaruh tempatnya (kedudukannya). Energi potensial ini juga disebut energi diam, karena benda yang diam-pun dapat memiliki tenaga potensial.

Sebuah benda bermassa m digantung seperti di bawah ini.

g

h

Jika tiba-tiba tali penggantungnya putus, benda akan jatuh.

Maka benda melakukan usaha, karena adanya gaya berat (w) yang menempuh jarak h .

Besarnya Energi potensial benda sama dengan usaha yang sanggup dilakukan gaya beratnya selama jatuh menempuh jarak h .

$$E_p = w \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

E_p = Energi potensial , w = berat benda , m = massa benda ; g = percepatan gravitasi ; h = tinggi benda

SATUAN

BESARAN	SATUAN MKS	SATUAN CGS
Energi Potensial (E_p)	joule	erg
Berat benda (w)	newton	dyne
Massa benda (m)	Kg	gr
Percepatan gravitasi (g)	m/det ²	cm/det ²
Tinggi benda (h)	m	cm

Energi potensial gravitasi tergantung dari :
percepatan gravitasi bumi
kedudukan benda
massa benda

ENERGI POTENSIAL PEGAS

Energi potensial yang dimiliki benda karena elastik pegas.

$$\begin{aligned} \text{Gaya pegas (F)} &= k \cdot x \\ \text{Ep Pegas (Ep)} &= \frac{1}{2} k \cdot x^2 \end{aligned}$$

k = konstanta gaya pegas ; x = regangan

Hubungan usaha dengan Energi Potensial :

$$W = \Delta E_p = E_{p_1} - E_{p_2}$$

ENERGI MEKANIK

Energi mekanik (E_m) adalah jumlah antara energi kinetik dan energi potensial suatu benda.

$$E_m = E_k + E_p$$

HUKUM KEKALKAN ENERGI MEKANIK

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan.
Jadi energi itu adalah KEKAL.

$$\begin{aligned} E_{m_1} &= E_{m_2} \\ E_{k_1} + E_{p_1} &= E_{k_2} + E_{p_2} \end{aligned}$$

SOAL LATIHAN

1. Sebuah benda meluncur di atas papan kasar sejauh 5 m, mendapat perlawanan gesekan dengan papan sebesar 180 newton. Erapa besarnya usaha dilakukan oleh benda tersebut.
2. Gaya besarnya 60 newton bekerja pada sebuah gaya. Arah gaya membentuk sudut 30° dengan bidang horizontal. Jika benda berpindah sejauh 50 m. Berapa besarnya usaha ?
3. Gaya besarnya 60 newton menyebabkan benda yang massanya 15 kg ($g = 10 \text{ m/s}^2$) berpindah horizontal sejauh 10 m. Berapa besarnya usaha dan besarnya perubahan energi potensial.
4. Berapa besar usaha jika sebuah elevator yang beratnya 2000 N dinaikkan setinggi 80 m ? Berapa besar energi potensial elevator setelah dinaikkan ?
5. Berapa besar usaha untuk menaikkan 2 kg setinggi 1,5 m di atas lantai ? Berapa besar energi potensial benda pada kedudukan yang baru ? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
6. Berapa besar gaya diperlukan untuk menahan 2 kg benda, tetap 1,5 m di atas lantai dan berapa besar usaha untuk menahan benda tersebut selama 5 detik
7. Untuk menaikkan kedudukan benda yang massanya 200 kg ke tempat x meter lebih tinggi, diperlukan kerja sebesar 10.000 joule. Berapa x ? ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
8. Gaya besarnya 300 newton dapat menggerakkan benda dengan daya 1 HP. Berapa besarnya kecepatan benda.
9. Berapa besar energi kinetik suatu benda yang bergerak dengan kecepatan 20 m/s, jika massa benda 1000 kg ?
10. Benda massanya 1 kg mempunyai energi kinetik besarnya 1 joule berapa kecepatan benda ?
11. Benda yang massanya 2 kg ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) jatuh dari ketinggian 4 m di atas tanah. Hitung besar energi potensial benda dalam joule dan dalam erg.
12. Benda massanya 5 kg, jatuh dari ketinggian 3 m di atas tanah ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) Berapa energi kinetik benda pada saat mencapai tanah ?
13. Benda massanya m kg bergerak di atas papan kasar dengan kecepatan 10 m/s. Jika besarnya koefisien gesekan 0,25. Hitunglah waktu dan jarak yang ditempuh benda setelah benda berhenti ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
14. Sebuah bom yang massanya m kg ditembakkan dengan kecepatan 600 m/s oleh meriam yang panjangnya 6 m. Berapa besar gaya yang diperlukan untuk menembakkan bom tersebut ?
15. Benda beratnya w Newton ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) mula-mula dalam keadaan diam. Gaya besarnya 10 newton bekerja pada benda selama 5 detik. Jika gaya telah melakukan usaha sebesar 2500 joule, berapa w dan berapa besarnya daya dalam watt dan HP.
16. Benda yang massanya 2 kg sedang bergerak. Berapa besar usaha untuk :
17. menaikkan kecepatan benda dari 2 m/s menjadi 5 m/s
18. Menghentikan gerak benda yang kecepatannya 8 m/s ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
19. Kereta api beratnya 196.000 newton bergerak dengan kecepatan 54 km/jam. Kereta api itu dihentikan oleh rem yang menghasilkan gaya gesek besarnya 6000 newton. Berapa besar usaha gaya gesek dan berapa jarak ditempuh kereta api selama rem, bekerja ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
20. Sebuah batu massanya 0,2 kg ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) dilemparkan vertical ke bawah dari ketinggian 25 m dan dengan kecepatan awal 15 m/s. Berapa energi kinetik dan energi potensial 1 detik setelah bergerak ?
21. Di dalam suatu senapan angin terdapat sebuah pegas dengan konstanta pegas 25.000 dyne/cm. Ketika peluru dimasukkan, per memendek sebanyak 2 cm. Hitunglah berapa kecepatan peluru ketika keluar dari senapan itu. Gesekan peluru dengan dinding senapan diabaikan, massa peluru 5 gram.
22. Sebuah benda dijatuhkan bebas dari ketinggian 200 m jika grafitasi setempat 10 m/s^2 maka hitunglah kecepatan dan ketinggian benda saat $E_k = 4 E_p$

23. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian 78,4 m ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) Hitunglah kecepatan benda waktu tiba di tanah ?
24. Sebuah peluru massa 10 gram mengenai paha dan menembus sedalam 3 cm dengan kecepatan 600 m/s. Hitunglah gaya yang diderita paha tersebut.

16

MOMENTUM DAN IMPULS

PENGETIAN MOMENTUM DAN IMPULS

Setiap benda yang bergerak mempunyai momentum.

Momentum juga dinamakan jumlah gerak yang besarnya berbanding lurus dengan massa dan kecepatan benda.

Suatu benda yang bermassa m bekerja gaya F yang konstan, maka setelah waktu Δt benda tersebut bergerak dengan kecepatan :

$$vt = v_0 + a \cdot \Delta t$$

$$vt = v_0 + \frac{F}{m} \cdot \Delta t$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot vt - m \cdot v_0$$

Besaran $F \cdot \Delta t$ disebut : *IMPULS* sedangkan besarnya $m \cdot v$ yaitu hasil kali massa dengan kecepatan disebut : *MOMENTUM*

$m \cdot vt$ = momentum benda pada saat kecepatan vt

$m \cdot v_0$ = momentum benda pada saat kecepatan v_0

Kesimpulan

Momentum ialah : Hasil kali sebuah benda dengan kecepatan benda itu pada suatu saat.

Momentum merupakan besaran vector yang arahnya searah dengan Kecepatannya.

Satuan dari momentum adalah kg m/det atau gram cm/det

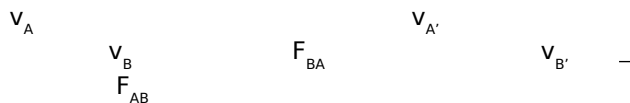
Impuls adalah : Hasil kali gaya dengan waktu yang ditempuhnya. Impuls merupakan

Besaran vector yang arahnya se arah dengan arah gayanya.

Perubahan momentum adalah akibat adanya impuls dan nilainya sama dengan impuls.

IMPULS = PERUBAHAN MOMENTUM

HUKUM KEKALKAN MOMENTUM



Misalkan benda A dan B masing-masing mempunyai massa m_A dan m_B dan masing-masing bergerak segaris dengan kecepatan v_A dan v_B sedangkan $v_A > v_B$. Setelah tumbukan kecepatan benda berubah menjadi v_A' dan v_B' . Bila F_{BA} adalah gaya dari A yang dipakai untuk menumbuk

B dan F_{AB} gaya dari B yang dipakai untuk menumbuk A, maka menurut hukum III Newton :

$$\begin{aligned}F_{AB} &= -F_{BA} \\F_{AB} \cdot \Delta t &= -F_{BA} \cdot \Delta t \\(\text{impuls})_A &= (\text{impuls})_B \\m_A v_A' - m_A v_A &= -(m_B v_B' - m_B v_B) \\m_A v_A + m_B v_B &= m_A v_A' + m_B v_B'\end{aligned}$$

Jumlah momentum dari A dan B sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama/tetap. Hukum ini disebut sebagai **HUKUM KEKALKAN MOMENTUM LINIER**.

TUMBUKAN

Pada setiap jenis tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum tetapi tidak selalu berlaku hukum kekekalan energi mekanik. Sebab disini sebagian energi mungkin diubah menjadi panas akibat tumbukan atau terjadi perubahan bentuk :

Macam tumbukan yaitu :

Tumbukan elastis sempurna, yaitu tumbukan yang tak mengalami perubahan energi. Koefisien restitusi $e = 1$

Tumbukan elastis sebagian, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik sebab ada sebagian energi yang diubah dalam bentuk lain, misalnya panas. Koefisien restitusi $0 < e < 1$

Tumbukan tidak elastis, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik dan kedua benda setelah tumbukan melekat dan bergerak bersama-sama. Koefisien restitusi $e = 0$

Besarnya koefisien restitusi (e) untuk semua jenis tumbukan berlaku :

$$e = -\frac{v_A' - v_B'}{v_A - v_B}$$

v_A', v_B' = kecepatan benda A dan B setelah tumbukan
 v_A, v_B = kecepatan benda A dan B sebelum tumbukan

Energi yang hilang setelah tumbukan dirumuskan :

$$\begin{aligned}E_{\text{hilang}} &= \sum_{\text{E}_{\text{sebelum tumbukan}}} - \sum_{\text{E}_{\text{sesudah tumbukan}}} \\E_{\text{hilang}} &= \left\{ \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \right\} - \left\{ \frac{1}{2} m_A (v_A')^2 + \frac{1}{2} m_B (v_B')^2 \right\}\end{aligned}$$

Tumbukan yang terjadi jika bola dijatuhkan dari ketinggian h meter dari atas lantai.

Kecepatan bola waktu menumbuk lantai dapat dicari dengan persamaan :

$$v_A = \sqrt{2gh}$$

Kecepatan lantai sebelum dan sesudah tumbukan adalah 0.

$$v_B = v_B' = 0$$

Dengan memasukkan persamaan tumbukan elastis sebagian :

$$e = -\frac{v_A' - v_B'}{v_A - v_B}$$

diperoleh :

$$e = -\frac{v_A' - 0}{v_A - 0} \quad \text{atau} \quad e = -\frac{v_A'}{v_A}$$

dengan demikian diperoleh :

$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

h' = tinggi pantulan

h = tinggi bola jatuh.

Untuk mencari tinggi pantulan ke-n dapat dicari dengan : $h_n = h_0 e^{2n}$

SOAL LATIHAN

1. Seorang pemain bisbol akan memukul bola yang datang padanya dengan massa 2 kg dengan kecepatan 10 m/s, kemudian dipukulnya dan bola bersentuhan dengan pemukul dalam waktu 0,01 detik sehingga bola berbalik arah dengan kecepatan 15 m/s.
 - a. Carilah besar momentum awal
 - b. Carilah besar momentum akhir
 - c. Carilah besar perubahan momentumnya.
 - d. Carilah besar impulsnya.
 - e. Carilah besar gaya yang diderita bola.
2. Dua buah benda massanya 5 kg dan 12 kg bergerak dengan kecepatan masing-masing 12 m/s dan 5 m/s dan berlawanan arah. Jika bertumbukan sentral, hitunglah :
 - a. Kecepatan masing-masing benda dan hilangnya energi jika tumbukannya elastis sempurna.
 - b. Kecepatan masing-masing benda dan energi yang hilang jika tumbukannya tidak elastis sama sekali.
3. Massa perahu sekoci 200 kg bergerak dengan kecepatan 2 m/s. dalam perahu tersebut terdapat orang dengan massa 50 kg. Tiba-tiba orang tersebut meloncat dengan kecepatan 6 m/s. Hitunglah kecepatan sekoci sesaat (setelah orang meloncat)
Jika :
 - a. arah loncatan berlawanan dengan arah sekoci.
 - b. arah loncatan searah dengan arah perahu.

4. Benda jatuh di atas tanah dari ketinggian 9 m. Ternyata benda terpantul setinggi 1 meter. Hitunglah :
- Koefisien kelentingan.
 - Kecepatan pantulan benda.
 - Tinggi pantulan ketiga.
5. Sebuah peluru dari 0,03 kg ditembakkan dengan kelajuan 600 m/s diarahkan pada sepotong kayu yang massanya 3,57 kg yang digantung pada seutas tali. Peluru mengeram dalam kayu, hitunglah kecepatan kayu sesaat setelah tumbukan ?
6. Bola seberat 5 newton bergerak dengan kelajuan 3 m/s dan menumbuk sentral bola lain yang beratnya 10 N dan bergerak berlawanan arah dengan kecepatan 6 m/s. Hitunglah kelajuan masing-masing bola sesudah tumbukan, bila :
- koefisien restitusinya $\frac{1}{3}$
 - tumbukan tidak lenting sama sekali
 - tumbukan lenting sempurna.
7. Sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian $1\frac{1}{2}$ m di atas sebuah lantai lalu memantul setinggi 0,9 m. Hitunglah koefisien restitusi antara bola dan lantai
8. Sebuah truk dengan berat 60.000 newton bergerak ke arah utara dengan kecepatan 8 m/s bertumbukan dengan truk lain yang massanya 4 ton dan bergerak ke Barat dengan kecepatan 22 m/s. Kedua truk menyatu dan bergerak bersama-sama. Tentukan besar dan arah kecepatan truk setelah tumbukan.
9. Dua buah benda A dan B yang masing-masing massanya 20 kg dan 40 kg bergerak segaris lurus saling mendekati. A bergerak dengan kecepatan 10 m/s dan B bergerak dengan kecepatan 4 m/s. Kedua benda kemudian bertumbukan sentral. Hitunglah energi kinetik yang hilang jika sifat tumbukan tidak lenting sama sekali.
10. Sebuah peluru massanya 20 gram ditembakkan pada ayunan balistik yang massanya 5 kg, sehingga ayunan naik 0,2 cm setelah tumbukan. Peluru mengeram di dalam ayunan. Hitunglah energi yang hilang.