

Dinamika Partikel

Standar kompetensi

Menerapkan konsep dan prinsip dasar kinematika dan dinamika benda titik.

Kompetensi dasar

Menerapkan Hukum Newton sebagai konsep dasar dinamika untuk gerak lurus, gerak vertikal, dan gerak melingkar beraturan

Hukum-Hukum Newton tentang Gerak

1. Hukum I Newton (hukum kelembaman)

Hukum I Newton berbunyi :

"bila resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan nol (tidak ada gaya yang bekerja pada benda), maka benda tersebut akan bergerak lurus beraturan (GLB) atau diam".

Jika $\sum F = 0$, maka benda akan diam atau bergerak lurus beraturan

Hukum I Newton mengungkap tentang sifat benda yang cenderung mempertahankan keadannya. Sifat ini disebut kelembaman atau inersia. Kelembaman benda dipengaruhi massanya. Jika massa benda besar maka, benda akan sulit untuk diubah keadaan diamnya/gerakannya dan sebaliknya.

Aktivitas 1 (dilakukan siswa secara mandiri)

Tujuan : menyelidiki kelembaman benda

Alat dan bahan :

1. selembar kertas HVS
2. kelereng 1 buah

Langkah-langkah kegiatan 1:

1. letakkan selembar kertas HVS di atas meja mendatar dan letakkan sebuah kelereng di atas kertas tersebut
2. Tariklah kertas mendatar dengan cepat dalam sekali sentakan. Ulangi kegiatan ini 3 kali. Bagaimana keadaan kelereng tersebut ?
3. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan

Langkah-langkah kegiatan 2 :

1. letakkan kembali selembar kertas HVS di atas meja mendatar dan letakkan sebuah kelereng di atas kertas tersebut
2. Tariklah kertas mendatar dengan perlahan-lahan, lalu hentikan tarikan kertas secara mendadak. Ulangi kegiatan ini 3 kali. Bagaimana keadaan kelereng tersebut?
3. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan

2. Hukum II Newton

Hukum II Newton menyatakan bahwa :

“Jika pada sebuah benda bekerja resultan gaya yang tidak sama dengan nol, maka benda tersebut akan mengalami GLBB dengan percepatan yang sebanding dan searah dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut”.

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

a = percepatan benda (m/s^2)

$\sum F$ = resultan gaya (N)

m = massa benda (kg)

Aktivitas 2 (dilakukan siswa secara mandiri)

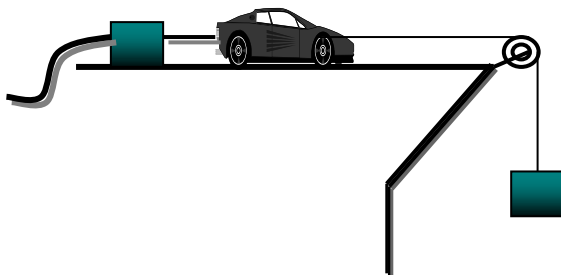
Tujuan : menyelidiki hubungan gaya dan percepatan pada sebuah benda.

Alat dan bahan :

1. Kereta dinamik
2. Tiker timer
3. Pita kertas
4. Benang
5. Katrol
6. Beban
7. meja

Langkah-langkah kegiatan 1:

1. Pasang alat-alat seperti pada gambar berikut :



2. Lepaskan beban agar kereta dapat bergerak sambil menarik pita dibelakangnya.
3. Karena tiker timer bergerak di atas karbon (pita kertas), maka pada pita akan terjadi ketikan titik-titik hitam
4. Potonglah pita kertas (karbon) untuk jumlah ketikan yang sama dan tempel berurutan ke samping sebagai diagram batang antara kecepatan v dan waktu t.
5. Ulangi percobaan di atas dengan jumlah beban sebanyak 2 buah.
6. Buatlah grafik kecepatan terhadap waktu (grafik v-t) untuk masing-masing percobaan
7. Bandingkan grafik yang kamu buat antara percobaan 1 dan percobaan 2.
8. Hitunglah besarnya percepatan percobaan 1 dan 2 dengan $a = \tan \alpha$ (α = sudut kemiringan grafik).
9. Diskusikan hasil pengamatanmu dan buatlah kesimpulan!

3. Hukum III Newton

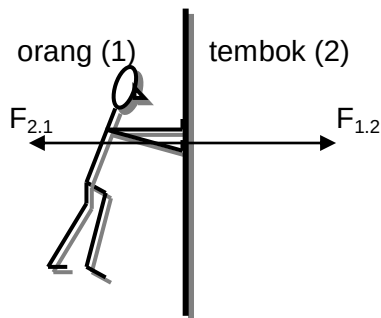
Hukum III Newton menyatakan bahwa :

“Jika benda A mengerjakan gaya pada benda B, maka benda B akan mengerjakan gaya pada benda A yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan”

Dengan demikian setiap gaya aksi, selalu ada gaya reaksi. Dua gaya dikatakan merupakan pasangan gaya aksi-reaksi jika :

1. besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan
2. hadir jika dua benda berinteraksi
3. terletak pada satu garis kerja dan bekerja pada dua benda yang berbeda, sehingga gaya-gaya tersebut tidak saling menghilangkan tetapi hanya merupakan keseimbangan gaya.

Contoh aplikasi hukum III Newton :



$F_{1,2}$ = gaya dorong orang (1) pada tembok (2)

$F_{2,1}$ = gaya dorong tembok (2) pada orang (1)

Kita berdiri mendorong tembok. Kita akan merasakan bahwa seakan-akan tembok mendorong kita dengan gaya yang berlawanan dengan gaya yang kita berikan pada tembok, sehingga kita terdorong ke belakang. Semakin besar gaya aksi yang kita berikan pada tembok, semakin besar pula gaya reaksi tembok yang bekerja pada tangan kita.

Aktivitas 3 (dilakukan siswa secara mandiri)

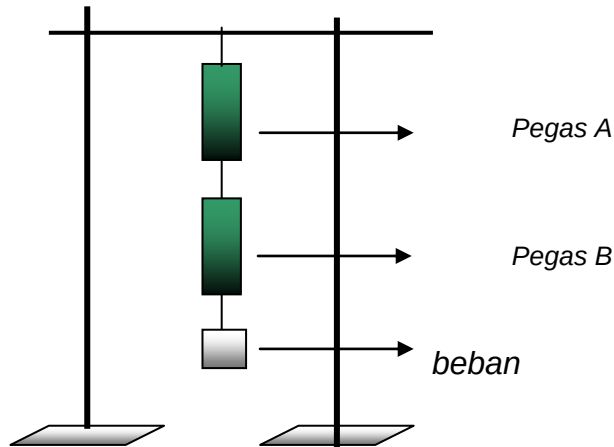
Tujuan : menyelidiki besarnya gaya aksi dan gaya reaksi

Alat dan bahan :

1. neraca pegas 2 buah
2. statif 2 buah
3. beberapa buah beban

Langkah-langkah kegiatan 1:

1. pasang statif dan gantungkan neraca pegas seperti pada gambar berikut :



2. Bacalah besarnya gaya pada kedua pegas
3. Ulangi percobaan di atas dengan massa beban yang berbeda
4. Diskusikan dan buatlah kesimpulan !

Beberapa Jenis Gaya

Ada beberapa jenis gaya yang harus dipahami untuk memecahkan persoalan dinamika gerak, yaitu :

1. Gaya Berat dan Massa Benda

Agar tidak terjadi salah kaprah dalam pengertian berat dan massa, berikut perbedaan antara berat dan massa :

- a. **Berat** suatu benda adalah gaya gravitasi (gaya tarik) yang dialami benda. **Massa** suatu benda merupakan banyaknya materi yang dimiliki benda (ukuran inersia suatu benda).
- b. berat tergantung pada besarnya percepatan gravitasi, sedangkan massa tidak, sehingga massa besarnya tetap dimana saja benda berada.
- c. Massa merupakan besaran skalar, sedangkan Berat termasuk besaran vektor.
- d. Dalam SI massa memiliki satuan kg, sedangkan berat memiliki satuan Newton.

Hubungan *massa* dengan *berat* benda adalah :

$$w = m \cdot g$$

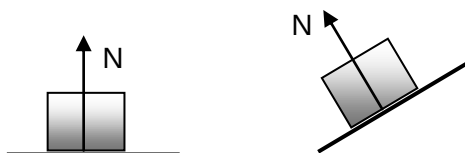
w = berat (N)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2).

2. Gaya Normal

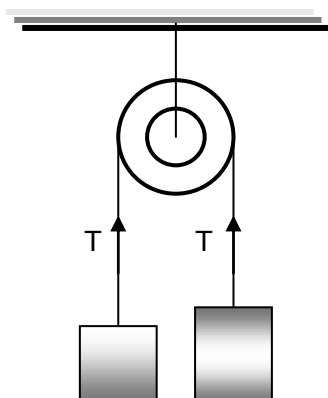
Gaya normal merupakan gaya yang dikerjakan oleh bidang pada benda. Arah gaya normal selalu tegak lurus permukaan bidang.



Besarnya gaya normal (N) sama besarnya gaya yang menekan bidang.

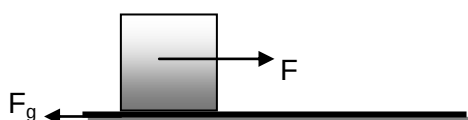
3. Gaya Tegangan Tali

Gaya tegangan tali merupakan gaya yang dikerjakan oleh tali terhadap benda. Gaya tegang tali merupakan gaya yang menarik benda (bukan gaya dorong).



4. Gaya Gesekan (*secara lengkap dibahas pada materi berikutnya*)

Gaya gesekan adalah gaya yang muncul jika dua permukaan yang bersentuhan mengalami pergeseran. Arah gaya gesekan selalu berlawanan arah dengan arah gerak benda.



Besarnya gaya gesekan tergantung pada besarnya gaya normal (N) dan kekasaran permukaan sentuh (nilai koefisien gesekan).

Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesekan dapat menguntungkan dan merugikan.

Gaya gesekan yang menguntungkan :

1. seseorang dapat berjalan di tanah
2. gaya gesekan pada proses pengereman
3. gesekan antara ban dengan jalan sehingga kendaraan tidak tergelincir

Gaya gesekan yang merugikan :

1. gesekan antar bagian mesin yang menimbulkan panas dan aus
2. gesekan roda dan poros yang menghambat putaran roda sehingga harus dipasang bola peluru
3. gesekan udara yang menghambat gerak laju kendaraan

Dapatkan kamu menyebutkan keuntungan dan kerugian gaya gesekan yang lain ?

Contoh Soal

1. Adi, Budi, Candra, dan Dimas mendorong sebuah mobil. Adi dan Budi mendorong mobil dari belakang sedangkan Candra dan Dimas mendorong dari depan. Ternyata mobil tersebut tetap diam. Jika gaya yang diberikan Adi, Budi, dan Candra masing-masing 100 N, 250 N dan 200 N, berapa besar gaya yang dikeluarkan Dimas ?

Penyelesaian :

Mobil diam jika $\sum F = 0$.

$$F_A + F_B - F_C - F_D = 0$$

$$100 + 250 - 200 - F_D = 0$$

$$F_D = 150 \text{ N}$$

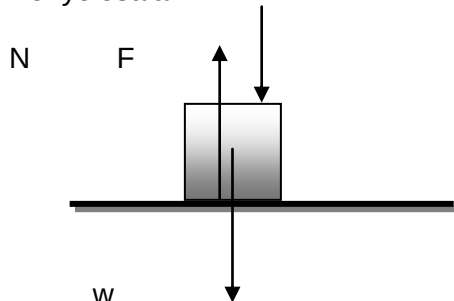
2. Hitunglah berat Fitri yang bermassa 60 kg, jika ia berada di :
- permukaan bumi ($g_{\text{bumi}} = 10 \text{ m/s}^2$)
 - permukaan bulan yang percepatan gravitasinya $\frac{1}{6}$ kali percepatan gravitasi bumi

Penyelesaian :

a. $w = m \cdot g_{\text{bumi}} = 60 \cdot 10 = 600 \text{ N}$

b. $w = m \cdot g_{\text{bulan}} = 60 \cdot \frac{1}{6} \cdot 10 = 100 \text{ N}$

3. Sebuah balok yang bermassa 2 kg terletak di atas meja. Balok tersebut ditekan oleh Ardi ke bawah tegak lurus meja dengan gaya 6 N. Hitunglah gaya normal yang alami benda !
Penyelesaian :



Diketahui : $w = m \cdot g = 2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$

$F = 6 \text{ N}$

Ditanya : $N \dots ?$

Jawab :

$$\sum F = 0$$

$$N - w - F = 0$$

$$N = w + F$$

$$N = m \cdot g + F$$

$$N = 2 \cdot 10 + 6$$

$$N = 26 \text{ N}$$

4. Wahyu mengambil air dari dalam sumur dengan timba melalui tali yang dihubungkan dengan sebuah katrol. Jika massa timba dan air 2 kg dan timba ditarik ke atas dengan percepatan 1 m/s^2 , berapa tegangan tali timba ?

Penyelesaian :

$$\sum F = m \cdot a$$

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

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

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

$$T = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 10 = 22 \text{ N}$$

5. Sebuah balok bermassa 4 kg diam di atas bidang horizontal yang kasar. Budi menarik balok tersebut dengan gaya 20 N arah mendatar. Jika antara balok dengan bidang bekerja gaya gesek 8 N. Tentukan :
- percepatan yang dialami balok
 - kecepatan balok setelah 4 sekon
 - jarak tempuh balok setelah 4 s

Penyelesaian :

Diketahui : $m = 4 \text{ kg}$

$F = 20 \text{ N}$

$F_g = 8 \text{ N}$

Ditanya : a. a

b. v_t dengan $t = 4 \text{ s}$

c. s dengan $t = 4 \text{ s}$

Jawab :

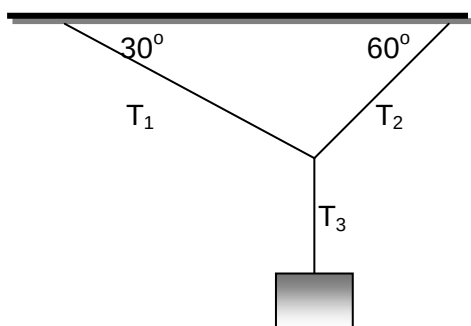
$$a). a = \frac{\sum F}{m} = \frac{F - F_g}{m} = \frac{20 - 8}{4} = 3 \text{ m/s}^2$$

$$b). v_t = v_o + a.t = 0 + 3.4 = 12 \text{ m/s}$$

$$c). s = v_o.t + \frac{1}{2}.a.t^2 = 0.5 + \frac{1}{2}.3.4^2 = 24 \text{ m}$$

Uji Kompetensi 1

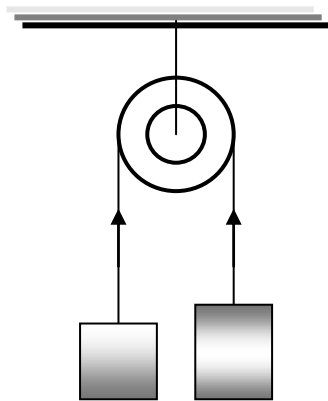
1. Ali dan Badri mendorong sebuah almari ke kanan, akibatnya almari bergeser dengan kecepatan konstan 0,5 m/s. Jika besar gaya yang diberikan Ali 120 N, sedangkan antara almari dan lantai timbul gaya gesekan 200 N, berapa besar gaya yang diberikan Badri ?
2. Popeye, Olive dan Brutus mendorong sebuah mobil. Popeye dan Olive mendorong mobil dari belakang sedangkan Brutus mendorong dari depan. Ternyata mobil tersebut tetap diam. Jika gaya yang diberikan Popeye dan Brutus masing-masing 500 N, dan 600 N, berapa besar gaya yang dikeluarkan Olive ?
3. Erma dan Fikri mendorong sebuah peti hingga peti bergerak dengan kelajuan konstan. Antara peti dan lantai bekerja gaya gesekan 400 N. Jika besar gaya yang diberikan Erma dan Deni sama besar 250 N, berapa kelajuan gerak peti !
4. Perhatikan gambar berikut :



- Balok bermassa 2 kg, digantungkan pada sistem seperti pada gambar. Jika sistem dalam keadaan diam (setimbang), hitunglah tegangan tali T_1 , T_2 dan T_3 !
5. Sebuah gaya bekerja pada sebuah benda bermassa 4 kg sehingga benda tersebut mengalami percepatan 4 m/s^2 . Jika gaya tersebut bekerja pada benda 2 kg, maka hitunglah percepatannya !
 6. Dua benda A dan B terletak di atas bidang horozontal licin dan ditarik dengan gaya 50 N sehingga percepatan yang dialami benda adalah 2 m/s^2 . Jika massa benda A adalah 15 kg, hitunglah:
 - a. massa benda B
 - b. kecepatan benda setelah 2 s
 - c. jarak tempuh setelah 2 s
 7. Sebuah mobil bermassa 2,4 ton, bergerak dengan kecepatan 25 m/s. Pada jarak 40 m di depan mobil Aris menyeberang jalan sehingga mobil harus direm.. Hitunglah besarnya gaya pengereman minimal agar Aris tidak tertabrak mobil tersebut !
 8. Seseorang yang bermassa 50 kg berada dalam sebuah lift yang bergerak dengan percepatan 5 m/s^2 . Hitung gaya normal orang terhadap lantai lift jika :
 - a. lift diam
 - b. lift bergerak ke atas
 - c. lif bergerak ke bawah

9. Sebuah lift yang massa totalnya 800 kg tergantung pada kabel yang tegangan tali maksimumnya 20.000 N. Berapakah percepatan maksimum yang diperbolehkan agar tali lift tidak putus ?

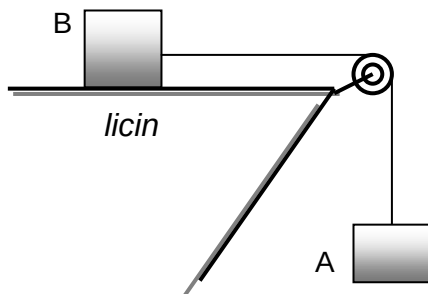
10. Perhatikan gambar sistem katrol berikut :



Dua benda A dan B bermassa 4 kg dan 6 kg digantung pada katrol. Kedua benda berada 16 m dari tanah. Hitunglah :

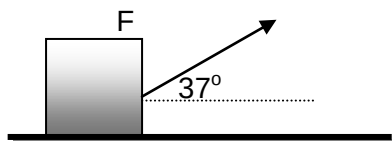
- percepatan sistem
- tegangan tali
- waktu yang diperlukan benda B sampai di tanah

11. Perhatikan gambar berikut :



Balok A dan B bermassa 12 kg dan 30 kg dipasang seperti pada gambar. Hitunglah:

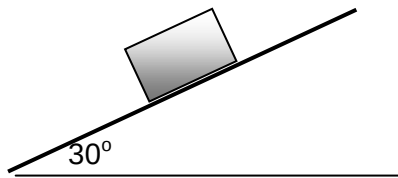
- percepatan kedua balok
 - tegangan tali
12. Pada pertandingan bola tenis, bola yang bermassa 60 gram bergerak mendekati raket dengan kelajuan 30 m/s. Raket bersentuhan dengan bola selama 5 ms dan bola terpantul kembali dengan kelajuan yang sama. Hitunglah gaya rata-rata raket yang bekerja pada bola !
13. Sebuah balok bermassa 4 kg terletak di lantai licin ditarik dengan gaya 50 N yang arahnya seperti pada gambar berikut :



Tentukan :

- Percepatan balok bergerak
- besarnya gaya normal

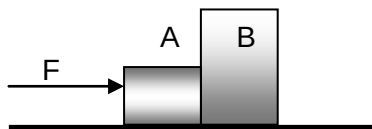
14. Sebuah benda 2 kg terletak pada bidang miring licin dengan sudut kemiringan 30° .



Tentukan :

- percepatan benda meluncur ke bawah
- besarnya gaya normal

15. Balok A dan B massanya 4 kg dan 6 kg bergandengan terletak diatas lantai licin, didiring dengan gaya 20 N.



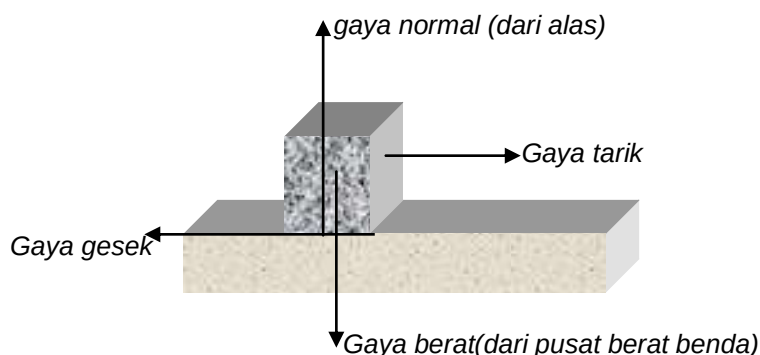
Tentukan :

- percepatan balok
- gaya kontak antara kedua balok

A. GAYA GESEKAN

Gaya Gesekan adalah gaya yang muncul apabila dua permukaan yang bersentuhan mengalami pergeseran. Jadi gaya gesek merupakan gaya sentuh (kontak) yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda. Besarnya gaya gesekan tergantung pada kekasaran bidang sentuh (koefisien gesekan).. Semakin kasar bidang sentuh, maka semakin besar pula gaya gesekannya. Gaya gesekan juga tergantung pada gaya normal, yaitu gaya yang diberikan oleh suatu bidang permukaan terhadap benda yang arahnya tegak lurus bidang tempat benda. Gaya gesekan merupakan gaya yang tidak konservatif, sebab usaha yang dilakukan oleh gaya gesek pada suatu benda yang menempuh sembarang lintasan dan kembali lagi ke titik semula nilainya tidak sama dengan nol.

Contoh : Gesekan balok dan lantai



Syarat terjadinya gaya gesekan :

1. Harus ada dua benda yang bersentuhan .
2. Harus ada upaya gerak (ada gaya tarik atau gaya dorong pada benda)

Dalam kehidupan sehari-hari, gaya gesekan sangat bermanfaat, namun juga dapat merugikan.

Beberapa contoh gaya gesek yang bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari adalah :

1. gaya gesek antara tubuh kita dengan benda lain,
 - gaya gesekan antara telapak kaki dan jalan, sehingga kita bisa berjalan, dan berlari
 - gaya gesek antara telapak tangan dengan pensil, sehingga kita bisa memegang dan menulis
2. Udara dengan parasit, sehingga penerjun bisa mendarat dengan selamat
3. Ban mobil dan jalan, sehingga ban mobil bisa menggelinding dan tidak selip atau tergelincir.
4. Gaya gesekan antara kampas rem dengan tromol atau cakram atau pelek roda, sehingga dapat memperlambat kelajuan kendaraan.

Gaya gesekan yang merugikan dan cara menguranginya, misalnya :

1. Pada roda-roda mesin, sehingga menimbulkan panas dan aus. Untuk mengatasinya, mesin kendaraan harus diberi pelumas.
2. Gesekan bodi (badan) kendaraan dengan udara yang mengurangi kelajuan, sehingga bodi mobil atau pesawat terbang dibuat aerodinamis untuk memperkecil gaya gesekan bodi dengan udara.
3. Gesekan antara ban mobil dan jalan yang terlalu kasar sehingga menghambat gerak mobil, oleh karenanya jalan yang beraspal dapat mengurangi hambatan ini.

Jenis-jenis gaya gesekan

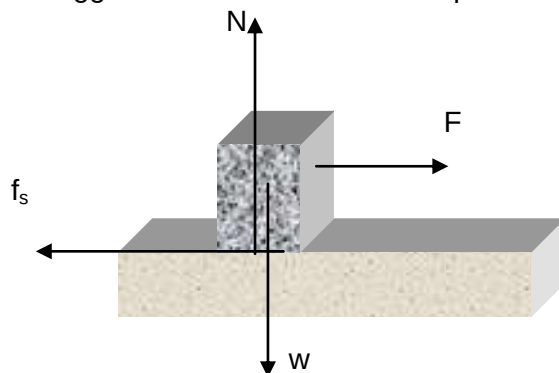
Jika sebuah benda yang terletak pada bidang datar kasar didorong atau ditarik dengan suatu gaya, maka hal-hal yang mungkin terjadi pada benda adalah :

- a. benda tetap diam
- b. benda tepat akan bergerak (hampir bergerak)
- c. benda bergerak

Menurut Leonhard Euler, jika dilihat dari gerak benda di atas, gaya gesekan ada dua jenis, yaitu :

1. Gaya gesekan statis (f_s)

Yaitu gaya gesekan yang timbul bila benda ditarik gaya F namun benda masih diam hingga benda dalam keadaan tepat akan bergerak (belum bergerak).



F = gaya tarik / gaya dorong

N = gaya normal

w = gaya berat

f_s = gaya gesekan statis

Dari gambar di atas, dapat dipaparkan beberapa hal-hal berikut :

- jika benda di tarik dengan gaya F , tetapi balok belum bergerak, maka gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah *gaya gesekan statis* yang besarnya sama dengan gaya tarik F .

$$f_s = F$$

- Jika gaya tarik F terus diperbesar, maka suatu saat benda dalam keadaan tepat akan bergerak, sehingga gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah gaya gesekan statis yang mencapai maksimum yang disebut *gaya gesekan statis maksimum* (f_{sm}). Besarnya gaya gesekan statis maksimum adalah:

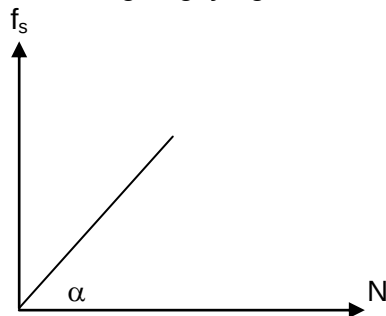
$$f_{sm} = \mu_s \cdot N$$

f_{sm} = gaya gesekan statis maksimum

μ_s = koefisien gesekan statis

N = gaya normal

- Jadi besarnya gaya gesekan statis adalah berubah-ubah mulai 0 sampai dengan f_{sm} tergantung gaya luar yang bekerja pada system.
- Grafik hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal adalah sebagai berikut :



Besarnya koefisien gesekan adalah :

$$\mu_s = \tan \alpha$$

2. Gaya gesekan kinetis (f_k)

Yaitu gaya gesekan yang timbul bila benda dalam keadaan bergerak. Jika gaya tarik F terus diperbesar dan melebihi besarnya f_{sm} , maka benda akan bergerak dan gaya gesekan yang bekerja saat itu adalah gaya gesekan kinetis (f_k). Besarnya gaya gesekan kinetis adalah :

$$f_k = \mu_k \cdot N$$

f_k = gaya gesekan kinetis

μ_k = koefisien gaya gesekan kinetis.

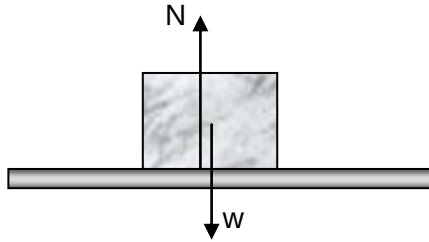
Dari uraian di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Jika $F < f_{sm}$, maka benda tetap diam, gaya gesekan yang bekerja $f_g = f_s = F$
- Jika $F > f_{sm}$, maka benda akan bergerak, gaya gesekannya $f_g = f_k = \mu_k \cdot N$
- Jika $F = f_{sm}$, maka benda hampir bergerak (tepat akan bergerak), gaya gesekannya $f_g = f_{sm} = \mu_s \cdot N$
- besarnya gaya gesekan statis adalah mulai dari 0 (nol) sampai dengan f_{sm} ($0 < f_s < f_{sm}$)
- besarnya gaya gesek statis maksimum f_{sm} selalu lebih besar dari gaya gesek kinetis f_k
- nilai koefisien gesekan (μ) adalah antara 0 sampai dengan 1 atau $0 \leq \mu \leq 1$ (jika $\mu = 0$, maka permukaan sangat licin dan $\mu = 1$ jika permukaan sangat kasar)
- μ_k selalu lebih kecil dari pada μ_s

Gaya Normal

Gaya normal adalah gaya yang arahnya tegak lurus bidang sentuh dan hanya bekerja jika dua benda bersentuhan. Besarnya gaya normal adalah sebagai berikut :

1. gaya normal pada bidang datar

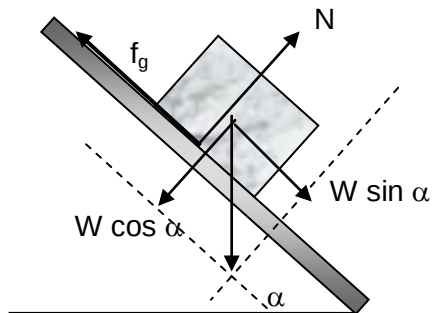


Sesuai dengan hukum Newton, maka :

$$N = w = m \cdot g$$

(Seharusnya N dan w berimpit tetapi untuk memudahkan memahami asal gaya atau berasal dari siapa gaya tersebut, maka gambarnya dibuat tidak berimpitan)

2. gaya normal pada bidang miring



Besarnya gaya normal adalah :

$$N = w \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

N = gaya normal

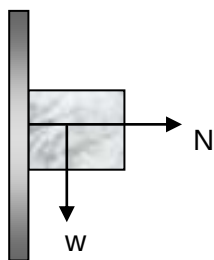
w = berat benda (N)

m = massa benda (kg)

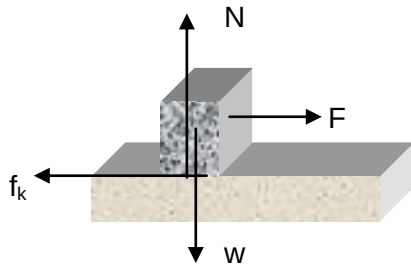
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

α = sudut kemiringan bidang ($^\circ$)

3. gaya normal pada bidang vertikal



Hubungan Gaya Gesekan dengan Hukum Newton

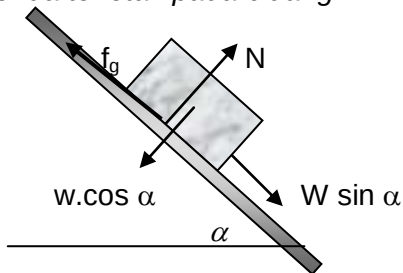


Jika sebuah benda bermassa m terletak pada bidang kasar dan ditarik dengan gaya F , maka pada saat benda bergerak gaya gesekan yang bekerja adalah gaya gesekan kinetis (f_k). Percepatan yang dialami benda memenuhi hukum II Newton, yaitu :

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - f_k}{m}$$

Konsep Gaya Gesekan Pada Bidang Miring

1. Benda terletak pada bidang miring kasar



- Jika benda diam, maka besarnya gaya gesekan yang bekerja :

$$f_g = f_s = w \cdot \sin \alpha$$

- jika benda bergerak turun, maka gaya gesekan yang bekerja :

$$f_g = f_k = \mu_k \cdot N = \mu_k \cdot w \cdot \cos \alpha$$

sehingga percepatan benda adalah :

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{w \cdot \sin \alpha - f_k}{m}$$

- jika benda tepat akan bergerak, maka :

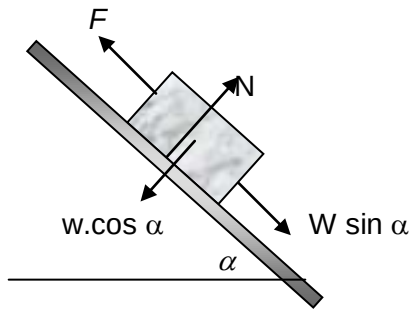
$$f_g = f_{sm} = \mu_s \cdot N = w \cdot \sin \alpha$$

sehingga besarnya μ_s adalah :

$$\mu_s = \frac{w \cdot \sin \alpha}{N} = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\mu_s = \tan \alpha$$

2. Benda terletak pada bidang miring kasar dan ditarik oleh gaya F ke atas



- Jika benda bergerak dipercepat naik (GLBB), maka :

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m.a \\ F - f_k - w.\sin \alpha &= m.a\end{aligned}$$

- Jika benda bergerak dipercepat turun (GLBB), maka :

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m.a \\ w.\sin \alpha - F - f_k &= m.a\end{aligned}$$

- Jika benda diam atau bergerak GLB naik, maka :

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ F - f_g - w.\sin \alpha &= 0\end{aligned}$$

- Jika benda diam atau bergerak GLB turun, maka :

$$\Sigma F = 0 \text{ maka } w.\sin \alpha - F - f_g = 0$$

Jika benda diam $f_g = f_s$, jika benda bergerak $f_g = f_k$.

Aktivitas 1

Gaya Gesekan Statis

Tujuan :

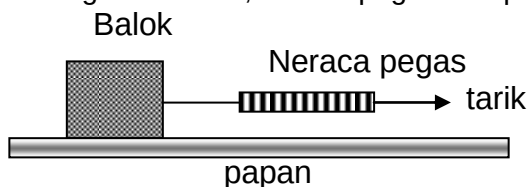
1. Menjelaskan hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal
2. Menentukan besarnya koefisien gesekan statis

Alat dan Bahan :

1. 2 buah balok kayu permukaan halus (balok H)
2. 2 buah balok kayu permukaan kasar (balok K)
3. papan
4. neraca ohaus
5. neraca pegas

Langkah kerja :

1. Timbanglah massa masing-masing balok dan catat hasilnya
2. Pasanglah balok H, neraca pegas dan papan seperti gambar berikut :



3. Tariklah neraca pegas balok, tetapi usahakan balok masih diam. Catatlah penunjukkan skala pada neraca pegas.
4. Perbesarlah sedikit gaya tarikan F , tetapi usahakan balok masih diam. Catat skala penunjukkan pada neraca pegas. Penunjukkan skala pada langkah 3 dan 4 merupakan besarnya gaya gesekan statis (f_s).
5. Perbesar lagi, hingga balok tepat akan bergerak (hampir bergerak). Penunjukkan skala saat balok tepat akan bergerak merupakan besarnya gaya gesekan statis maksimum (f_{sm}).
6. Ulangi langkah 5, 2 balok H, 1 balok K dan 2 balok K) dan catat hasil pengamatanmu pada tabel berikut :

No	Balok	Massa balok (m)	Gaya Normal (N)	Gaya gesekan statis maksimum (f_{sm})
1	1 Balok H			
2	2 balok H			
3	1 balok K			
4	2 balok K			

Tugas dan Pertanyaan :

1. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 1 dan 3. Simpulkan !
2. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 1 dan 2! Simpulkan !
3. Bandingkan besarnya gaya gesekan statis maksimum hasil pengamatan nomor 3 dan 4! Simpulkan !
4. Buatlah grafik hubungan antara gaya gesekan statis dengan gaya normal untuk tiap jenis balok.
5. Hitunglah koefisien gesekan statis antara balok dan papan berdasarkan gradien (kemiringan) grafik ! (petunjuk : $\mu_s = \tan \alpha$)
6. Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada balok !

Aktivitas 2

Gaya Gesekan Kinetis

Tujuan :

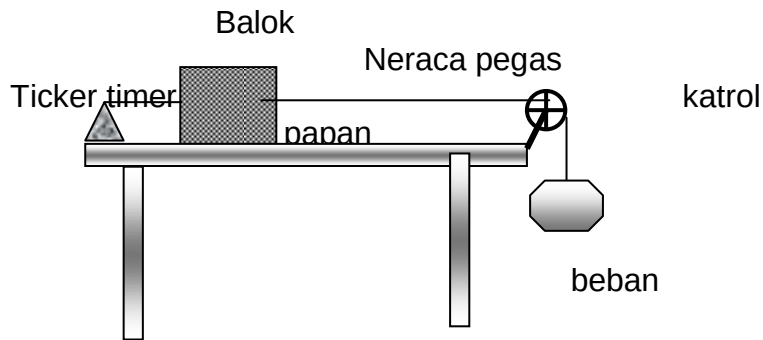
1. Menjelaskan hubungan gaya gesekan kinetis dengan gaya normal
2. Menentukan besarnya koefisien gesekan kinetis

Alat dan Bahan :

1. 1 buah balok kayu permukaan halus (balok H)
2. 1 buah balok kayu permukaan kasar (balok K)
3. papan
4. katrol
5. ticker timer dan pita
6. neraca ohaus
7. beban

Langkah kerja :

1. Timbanglah massa masing-masing balok Uji (balok H dan K) dan massa beban. Catat masanya. Atur agar massa beban lebih besar dari massa balok, agar sistem bergerak !
2. Pasanglah alat-alat seperti gambar berikut :



3. Lepaskan beban dan hidupkan ticker timer, agar balok tertarik oleh beban dan bergerak.
4. Matikan ticker timer saat balok sudah di tepi meja.
5. Ulangi langkah di atas dengan mengganti balok yang lain.

Tugas dan Pertanyaan :

1. Buatlah grafik $v-t$ dengan menganalisis pita ticker timer. Hitung besarnya percepatan sistem, berdasarkan kemiringan grafik !
2. Buatlah grafik antara $(m_b \cdot g - m_u \cdot a)$ sebagai sumbu y dan gaya normal balok Uji (N_u) sebagai sumbu x !
3. Hitunglah koefisien gesekan kinetis dari gradien grafik !
4. Bandingkan koefisien gesekan kinetis untuk balok H dan K !

Aktivitas 3

Gaya Gesekan Statis pada Bidang Miring

Tujuan :

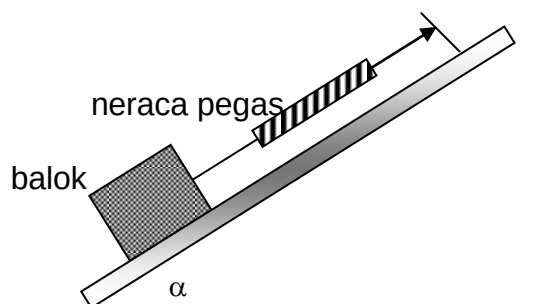
1. menjelaskan hubungan gaya gesekan statis dengan gaya normal pada bidang miring.
2. Menghitung koefisien gesekan statis pada bidang miring.

Alat dan bahan

1. balok kayu H (halus)
2. balok kayu K (kasar)
3. balok kayu S (sedang)
4. papan kayu
5. neraca pegas
6. neraca ohaus
7. busur derajat

Langkah kerja

1. timbanglah ketiga balok kayu
2. Buatlah bidang miring, dengan busur derajat carilah sudut kemiringan α
3. Kaitkan ujung neraca pegas dengan balok kayu H, dan ujung lain kaitkan dengan ujung atas beban, seperti gambar berikut :



- Amati penunjukkan skala pada neraca pegas. Lalu lepaskan neraca pegas dengan balok. Apakah balok sudah tepat akan bergerak ?
- Jika balok tepat akan bergerak, maka angka pada neraca pegas sama dengan gaya gesekan statis.
- Jika belum bergerak, maka perbesarlah sudut kemiringan bidang
- Ulangi langkah tersebut, dengan balok K dan S.

Tugas dan Pertanyaan

- bandingkan gaya gesekan statis pada jenis balok H, K dan S
- buatlah grafik hubungan antara gaya gesekan statis dengan gaya normal
- gambarlah gaya-gaya yang bekerja pada balok
- hitung koefisien gesekan statis antara balok kayu dengan bidang dari grafik yang kamu buat.

Contoh Soal

Benda dengan massa 10 kg berada di bidang datar kasar yang $\mu_s = 0,40$ dan $\mu_k = 0,35$. Benda di tarik dengan gaya horisontal yang tetap. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, hitunglah besarnya gaya gesek yang bekerja saat benda tersebut ditarik dengan gaya :

- 30 N
- 40 N
- 50 N

Penyelesaian :

Diketahui : $m = 10 \text{ kg}$, $N = m \cdot g = 100 \text{ N}$

$$\mu_s = 0,40$$

$$\mu_k = 0,35$$

Ditanya : $f_g \dots ?$

Jawab :

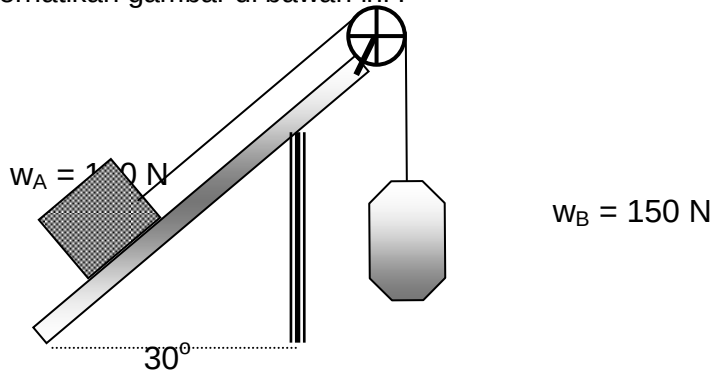
- Kita hitung dulu $f_{sm} = \mu_s \cdot N = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ N}$.
Karena $F = 30 \text{ N}$, berarti $F < f_{sm}$, maka benda diam, sehingga $f_g = f_s = F = 30 \text{ N}$.
- karena $F = f_{sm} = 40 \text{ N}$, maka benda tepat akan bergerak dengan gaya gesekan $f_g = f_{sm} = 40 \text{ N}$
- karena $F > f_{sm}$, maka benda bergerak dengan gaya gesekan kinetis $f_k = \mu_k \cdot N = 0,35 \cdot 100 = 35 \text{ N}$

$$\text{percepatan benda } a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{50 - 35}{10} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

Uji Kompetensi 1

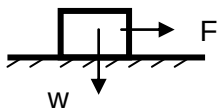
- Sebuah benda 2 kg terletak pada bidang miring dengan sudut kemiringan 30° . Jika benda tepat akan meluncur dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, tentukan nilai koefisien gesekan statis antara benda dengan bidang miring !
- Sebuah benda bermassa 4 kg di letakkan pada bidang horisontal . Pada benda bekerja gaya horisontal sebesar 24 N sehingga benda bergerak . Jika koefisien gesek kinetik antara permukaan benda dengan permukaan bidang 0,4 dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, tentukan percepatan benda!

Perhatikan gambar di bawah ini :



Jika sistem dalam keadaan diam , tentukan besar gaya gesekan yang bekerja pada bidang miring !

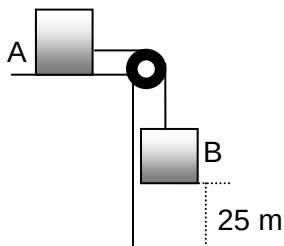
4. Perhatikan gambar berikut !



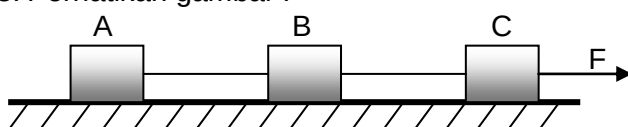
Dari gambar di atas . Jika massa benda 10 kg dan $\mu_s = 0,5$; $\mu_k = 0,2$, tentukan besar gaya F agar balok memiliki percepatan tetap 24 m/s^2 !

5. Sebuah balok 5 kg ditempatkan pada bidang datar dengan koefisien gesekan $0,4$ dan $0,2$. Tentukan besarnya gaya gesekan yang bekerja saat balok tersebut didorong dengan gaya :
 - a. 10 N
 - b. 20 N
 - c. 25 N
6. Sebuah balok kayu bermassa 100 kg akan dinaikkan ke atas truk menggunakan papan miring dengan sudut kemiringan 30° . Jika koefisien gesekan kinetis dan statis masing-masing $\frac{1}{3}\sqrt{3}$ dan $\sqrt{3}$, jika $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, tentukan :
 - a. gaya normal bidang terhadap balok
 - b. gaya dorong minimum yang harus diberikan agar balok naik ke atas
 - c. jika balok didorong dengan gaya 1.500 N , berapa percepatan balok ? dan berapa besar gaya gesekan yang bekerja saat itu?
 - d. Jika balok didorong dengan gaya 1000 N , berapa besar gaya gesekan saat itu ?
7. Perhatikan gambar dibawah ini ! Balok A massanya 2 kg , balok B massanya 1 kg . Balok B mula - mula diam , dan bergerak ke bawah. Tentukan selang waktu balok B menyentuh lantai .

(Jika koefisien gesek kinetis balok A dengan lantai $0,2$)



8. Perhatikan gambar !



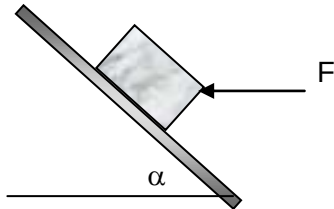
Tiga benda A , B dan C masing-masing bermassa 4 kg , 8 kg dan 12 kg. Koefisien gesek kinetik ketiga benda dengan lantai adalah 0,2 .

Gaya horizontal $F = 120 \text{ N}$ di berikan pada C . Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$

Tentukan :

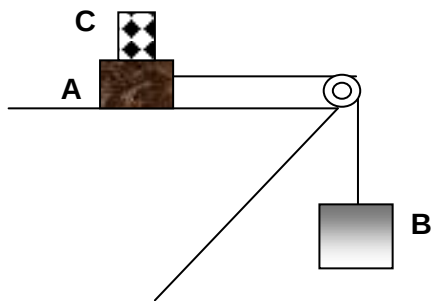
- Percepatan sistem benda tersebut.
- Tegangan tali antara benda A dengan B, dan tegangan tali antara B dan C

9..Perhatikan sistem berikut !



Balok massanya 7 kg ($g = 10 \text{ m/s}^2$) didorong seperti pada gambar dengan gaya $F = 80 \text{ N}$. Hitunglah koefisien gesekan statis antara balok dan bidang miring !

10. Perhatikan gambar !

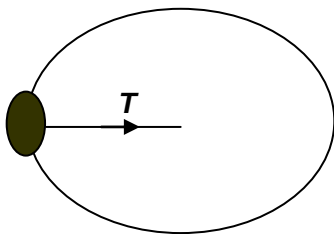


Massa balok A dan B adalah 10 kg dan 5 kg. Koefisien gesekan antara balok A dengan bidang 0,2. Agar sistem tidak bergerak, hitunglah massa balok C minimum !

Hukum Newton pada Gerak Melingkar (Pengayaan)

1. Gerak benda melingkar horizontal

Perhatikan benda diikat dengan tali dan diputar horizontal berikut :

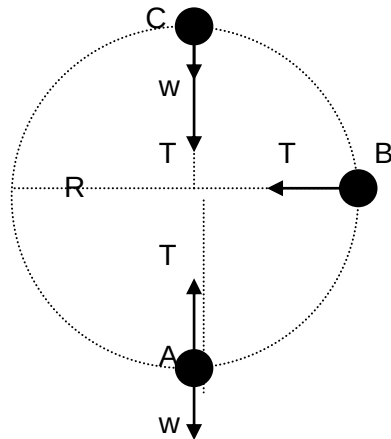


Gaya sentripetal diberikan oleh tegangan tali (T), sehingga :

$$T = F_s = \frac{m.v^2}{R}$$

2. Gerak Benda Melingkar Vertikal

Perhatikan gambar berikut :



Pada titik A (titik terendah) :

$$F_s = T - w \text{ atau } T = F_s + w$$

$$T = m\left(\frac{v^2}{R} + g\right)$$

Pada titik C (titik tertinggi) :

$$F_s = T + w \text{ atau } T = F_s - w$$

$$T = m\left(\frac{v^2}{R} - g\right)$$

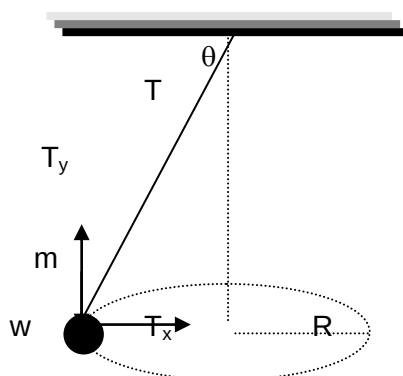
Pada titik B:

$$F_s = T$$

$$T = m\frac{v^2}{R}$$

T = gaya tegang tali

3. Ayunan Konik (kerucut)



Benda bermassa m diayunkan melingkar seperti pada gambar dengan jari-jari R , maka tali akan mengalami gaya tegangan tali (T). Besarnya gaya tegang tali pada arah pusat lingkaran benda (T_x) sama dengan gaya sentripetal yang dialami benda m . Jadi :

$$T_x = T \cdot \sin \theta \text{ dan}$$

$$T_y = T \cdot \cos \theta = w = m \cdot g$$

$$T_x = F_s$$

$$T \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$\frac{m \cdot g}{\cos \theta} \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$m \cdot g \cdot \tan \theta = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Jadi kecepatan linier ayunan konik adalah :

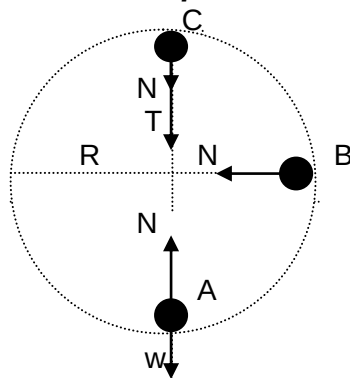
$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \tan \theta}$$

v = kecepatan linier (m/s)

g = percepatan gravitasi (10 m/s^2)

θ = Susut ayunan ($^\circ$)

4. Gerak Benda pada sisi dalam lingkaran



Pada titik A (titik terendah) :

$$F_s = N - w \text{ atau } N = F_s + w$$

$$N = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right)$$

Pada titik C (titik tertinggi) :

$$F_s = N + w \text{ atau } N = F_s - w$$

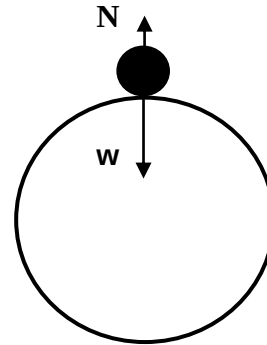
$$N = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right)$$

Pada titik B:

$$F_s = N$$

$$N = m \frac{v^2}{R} \quad N = \text{gaya normal (N)}$$

5. Gerak Benda pada sisi luar lingkaran



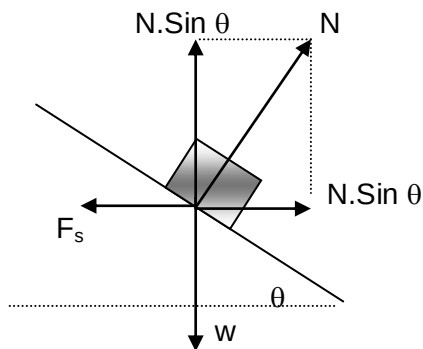
Pada titik tertinggi :

$$F_s = w - N \quad \text{atau} \quad N = w - F_s$$

$$N = m(g - \frac{v^2}{R})$$

6. Tikungan Miring

Perhatikan sebuah mobil yang sedang membelok pada tikungan berjari-jari R yang permukaannya miring berikut :



Pada sumbu horizontal :

$$\Sigma F = 0$$

$$N \cdot \sin \theta = F_s$$

$$N \cdot \sin \theta = m \frac{v^2}{R} \quad \dots\dots\dots 1)$$

Pada sumbu vertikal :

$$N \cdot \cos \theta = w$$

$$N \cdot \cos \theta = m \cdot g \quad \dots\dots\dots 2)$$

Persamaan 1) dan 2) diperoleh :

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \tan \theta}$$

Uji Kompetensi 2

1. Sebuah mobil bermassa 0,8 ton bergerak dengan laju 18 km/jam melewati sebuah bukit yang berjari-jari 20 m. Tentukan gaya normal yang dialami mobil ketika berada di puncak bukit ?
2. Seorang pilot bermassa 75 kg berada di dalam pesawat jet membuat manuver lingkaran vertikal berjari-jari 10 m. Jika pada titik terendah kecepatan jet adalah 20 m/s, berapa berat semu pilot di titik terendah tersebut ?
3. Mobil melewati tikungan jalan berbentuk busur lingkaran berjari-jari 30 m dengan sinus sudut kemiringan 0,6. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka agar mobil menikung dengan aman, berapa kecepatan maksimum mobil?
4. Sebuah batu bermassa 2 kg diikat dengan tali yang panganya 50 cm dan diputar pada lingkaran vertikal dengan kecepatan anguler 6 rad/s. Hitung besarnya tegangan tali pada saat batu berada di titik tertinggi !
5. Sebuah benda bermassa 10 kg diikat dengan tali secara beraturan pada bidang mendatar licin dengan jari-jari 1 m. Gaya tegangan yang dapat ditahan tali 360 N. Berapa kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar tali tidak putus ?
6. Sebuah ayunan konis sinus sudut simpangannya 0,6 dan panjang tali 50 cm. Hitung besarnya laju linier ayunan !

Evaluasi

PILIHAN GANDA

Pilihlah satu jawaban yang tepat !

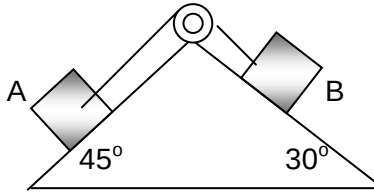
1. Sebuah benda bermassa 1 kg mula-mula diam, lalu ditarik dengan gaya 10 N arah mendatar. Percepatan benda tersebut adalah m/s^2
 - a. 1
 - b. 10
 - c. 20
 - d. 25
 - e. 30
2. Satuan percepatan selain m/s^2 , juga dapat dinyatakan dengan ...
 - a. kg/N
 - b. n/kg
 - c. m/s
 - d. cm/s
 - e. N/s^2
3. Sebuah elevator bermassa 400 kg bergerak vertikal ke atas dari keadaan diam dengan percepatan tetap 2 m/s^2 . Tegangan tali penarik elevator adalah ... N
 - a. 400
 - b. 800
 - c. 3200
 - d. 3600
 - e. 4800
4. Seorang anak berada dalam lift yang bergerak ke atas dengan percepatan 4 m/s^2 . Jika massa anak 40 kg, maka gaya normal yang bekerja pada anak adalah ... N
 - a. 40
 - b. 160
 - c. 240
 - d. 400
 - e. 560

5. Sebuah benda bermassa 1 kg yang mula-mula bergerak dengan kecepatan 10 m/s direm selama 5 s sehingga kecepatannya menjadi 5 m/s. Besarnya gaya pengereman adalah ... N
- 1
 - 5
 - 10
 - 15
 - 20
6. Benda bermassa 4 kg digantung pada neraca pegas yang sedang bergerak ke atas dengan percepatan 1 m/s^2 . Besarnya angka yang ditunjukkan oleh neraca pegas adalah ... N
- 4
 - 40
 - 44
 - 50
 - 75
7. Seseorang mengendari sepeda motor melewati jalan yang membelok dengan jari-jari 40 m dengan kelajuan 36 km/jam. Jika berat orang dan sepeda 1500 N, besarnya gaya sentripetal yang dialami sepeda motor adalah ...
- 50
 - 100
 - 150
 - 375
 - 750
8. Pada saat olah raga Nardi mengikat benda bermassa 1 kg dengan tali panjangnya 1 m. Pada saat diputar dengan bentuk lintasan vertikal, panjang tali yang digunakan 50 cm. Jika kelajuan benda di titik teratas 5 m/s dan di titik terendah 7 m/s, maka besarnya gaya sentripetal di titik teratas dan di titik terendah adalah ...
- 49 N dan 98 N
 - 50 N dan 98 N
 - 88 N dan 100 N
 - 98 N dan 50 N
 - 100 N dan 49 N
9. Sebuah mobil 800 kg melintasi lembah yang jari-jari kelengkungannya 50 m. Jika kelajuan mobil 5 m/s, maka besarnya gaya normal pada saat mobil ditengah lembah adalah ... N
- 8400
 - 8040
 - 8000
 - 4800
 - 4000
10. Sebuah ember berisi air dikat dengan tali lalu diputar dengan lintasan vertikal berjari-jari 2,5 m. Besarnya kecepatan sudut terkecil pada titik tertinggi agar air tidak tumpah adalah ... rad/s
- 40
 - 25
 - 4
 - 2,5
 - 2

URAIAN

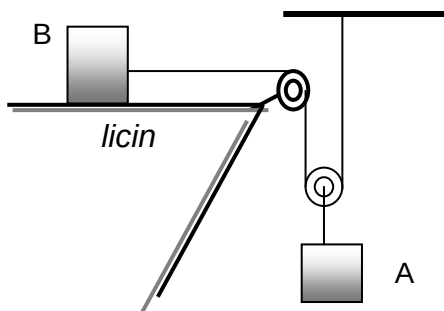
Kerjakan soal berikut dengan benar !

1. Dua balok dihubungkan dengan tali seperti pada gambar berikut :



Jika balok A dan B bermassa 3,5 kg dan 5 kg terletak pada bidang miring licin, tentukan percepatan sistem !

2. Perhatikan sistem gambar berikut :



Jika massa benda A dan B sama besar 2 kg dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan percepatan benda A dan B !

3. Sebuah benda bermassa 2 kg terletak di atas tanah. Benda tersebut ditarik ke atas dengan gaya 30 N selama 2 s lalu dilepaskan. Hitung tinggi maksimum yang dicapai benda !
4. Sebuah ayunan kerucut mempunyai panjang tali 1,25 m. Jika saat kecepatan sudut ayunan 4 rad/s, berapa besar sudut antara tali dan garis vertikal ?
5. Sebuah benda bermassa 0,1 kg diikat dengan tali yang panjangnya 1 m dan diputar dengan kelajuan tetap 2 m/s. Hitung tegangan tali minimum yang dialami tali !