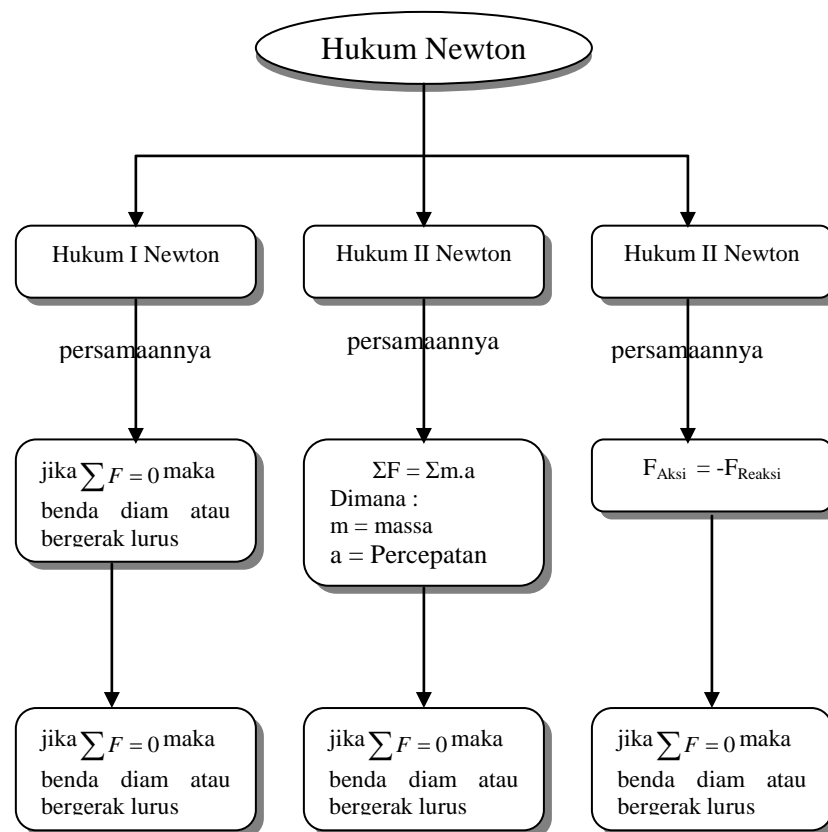


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
GLOSARIUM	v
PETA KONSEP	vi
PENDAHULUAN	1
A. Diskripsi.....	1
B. Petunjuk Penggunaan Modul	2
Kegiatan Belajar 1 : Hukum I Newton	3
A. Tujuan Pembelajaran	3
B. Uraian Materi	3
1. Gaya Mempengaruhi Gerak benda	3
2. Gaya Kontak/sentuh	8
C. Tugas Kegiatan Belajar 1	9
Kegiatan Belajar 2 : Hukum II Newton	11
A. Tujuan Pembelajaran	11
B. Uraian Materi	11
1. Gaya Menimbulkan Percepatan	11
2. Gaya Berat	13
3. Pada Benda Yang Bergarak Melingkar	19
C. Tugas Kegiatan 2	24
Kegiatan Belajar 3 : Hukum III Newton	
A. Tujuan Pembelajaran	
B. Uraian Materi	
C. Tugas Kegiatan 3	
PENUTUP	
A. Rangkuman	
B. Kunci Tugas Kegiatan	
C. Kegiatan Praktikum	

DAFTAR PUSTAKA



PENDAHULUAN

A. Diskripsi

Assalamu'alaikum wr. Wb, senang sekali bisa berjumpa dengan kalian meski hanya lewat modul ini. Anda tentunya tidak asing dengan tokoh yang satu ini, Newton. Pada modul ini kita akan membahas tentang hukum – hukum Newton dan aplikasinya. Bayangkan Anda sedang menonton pertandingan sepakbola. Bayangkan juga Anda sedang mengamati lalu lintas di suatu jalan raya yang ramai. Pemandangan apakah yang sama dari kedua peristiwa tersebut? Ya, semuanya, pemain sepak bola, wasit, bola, mobil, motor, sepeda, orang yang lalu-lalang melakukan hal yang sama yaitu "Bergerak".

Sekarang pikirkan, mengapa mereka bergerak? Apa yang membuat mereka bergerak? Bagaimana mereka mengubah-ubah arah gerakanya dengan mudah dan cepat?

Modul yang sedang Anda baca ini akan memberikan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan tersebut.

Secara sistematis Anda akan belajar dalam 3 kegiatan belajar. Pada tiap kegiatan diberikan contoh aplikasi dalam kehidupan nyata. Pokok utama pembelajaran adalah Gerak Lurus dan Penyebabnya yang dijabarkan atas tiga kegiatan belajar.

Kegiatan Belajar 1 : membahas mengapa sebuah benda dapat berada dalam keadaan diam atau Hukum I Newton.

Kegiatan Belajar 2 : membahas bagaimana sebuah benda yang mula-mula diam dapat bergerak dengan kecepatan yang terus bertambah. Atau

bagaimana sebuah benda yang semula bergerak dapat berhenti setelah satu satuan waktu. Hukum II Newton. membahas interaksi gaya antara dua benda yang berbenturan. Hukum III Newton.

Setelah mempelajari modul ini dengan seksama Anda akan memiliki kompetensi untuk menjelaskan penyebab gerak sebuah benda, faktor-faktor yang mempengaruhi geraknya, serta mengaplikasikannya untuk memecahkan berbagai persoalan gerak dalam kehidupan nyata.

Pada akhir modul disediakan soal-soal latihan untuk melatih pemahaman konsep, dan pada akhir modul di berikan Tes Akhir Modul.

Selamat belajar!

B. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajarilah peta konsep yang ada pada setiap modul dengan teliti.

2. pastikan bila Anda membuka modul ini, Anda siap mempelajarinya minimal satu kegiatan hingga tuntas. Jangan terputus-putus atau berhenti di tengah-tengah kegiatan.
3. Pahami tujuan pembelajaran yang ada pada setiap modul atau kegiatan belajar dalam modul anda.
4. Bacalah materi pada modul dengan cermat dan berikan tanda pada setiap kata kunci pada setiap konsep yang dijelaskan.
5. perhatikanlah langkah - langkah atau alur dalam setiap contoh penyelesaian soal.
6. Kerjakanlah latihan soal yang ada, jika mengalami kesulitan bertanyalah kepada teman atau guru anda
7. kerjakan tes Uji kemampuan pada setiap kegiatan belajar sesuai kemampuan anda. Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia pada modul dan jika perlu lakukan penghitungan skor hasil belajar anda.
8. ulangi kegiatan 2 sampai dengan 6 pada setiap kegiatan belajar hingga selesai.
9. kerjakanlah Soal – soal Evaluasi Akhir

KEGIATAN BELAJAR 1

HUKUM NEWTON I

A. Tujuan Pembelajaran

Pada akhir kegiatan, diharapkan Anda dapat :

1. mendiskripsikan Hukum I Newton dengan menggunakan diagram gaya.
2. menerapkan Hukum I Newton dalam kehidupan nyata.
3. menggambar diagram gaya-gaya pada suatu benda; dan.
4. melakukan percobaan berdasarkan Hukum I Newton.

B. Uraian Materi

1. Gaya Mempengaruhi Gerak Benda

Mungkin Anda pernah mendorong mobil mainan yang diam, jika dorongan Anda lemah mungkin mobil mainan belum bergerak, jika gaya dorong diperbesar mobil bergerak atau jika Anda naik sepeda meluncur di jalan raya, jika sepeda direm, sepeda berhenti.

Pernahkah Anda bertanya, mengapa kita dapat melihat benda-benda? Ya, jawabnya karena ada cahaya dari benda ke mata kita, entah cahaya itu memang berasal dari benda tersebut, entah karena benda itu memantulkan cahaya yang datang kepadanya lalu mengenai mata kita. Jadi, gejala melihat erat kaitannya dengan keberadaan cahaya atau sinar.



Gambar 1.1. Mobil mainan yang didorong.

Berdasarkan uraian di atas, apakah sebenarnya yang membuat mobil mainan yang mula-mula diam menjadi bergerak, dan sepeda yang mula-mula bergerak menjadi diam?

Modul Dinamika 1

Agar mobil bergerak dan sepeda berhenti diperlukan energi (tenaga). Energi untuk mendorong mobil dan menghentikan sepeda dikerjakan, pada benda dengan suatu alat tertentu. Saat mendorong mobil Anda memakai tangan dan saat mengerem karet rem menyentuh roda sepeda hingga berhenti. Saat tangan menyentuh mobil dan karet rem menyentuh roda, maka tangan dan karet memberikan gaya tekan yang mempengaruhi benda.

Jadi, yang menyebabkan sebuah benda bergerak atau berhenti adalah energi. Energi diperlukan untuk mengerjakan gaya pada benda. Kemudian gaya akan mempengaruhi gerakan benda.

Penyebab benda bergerak ialah energi. Gaya hanya akan mempengaruhi gerak benda.

Ada beberapa pengaruh gaya pada benda bila gaya bekerja pada suatu benda maka:

1. Gaya akan mengubah kecepatan benda dari diam menjadi bergerak, dari bergerak lalu berhenti.



Gambar 1.2. Mobil mogok didorong hingga bergerak.

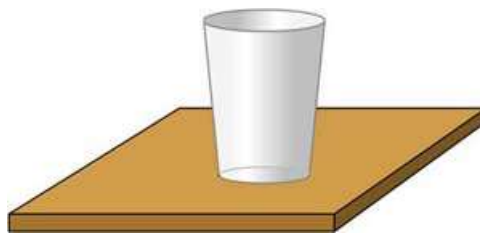
2. Gaya dapat mengubah arah gerak benda, misalnya ditunjukkan oleh gambar 1.3. berikut :



Gambar 1.3. Bola ditendang dari sisi gawang lalu disundul ke arah gawang.

3. Gaya juga dapat mengubah bentuk benda. Jika Anda memiliki balon, tiup dan ikatlah balon, sehingga balon tetap mengembang. Apa yang terjadi jika balon tadi kita tekan perlahan dengan tangan? Pasti Anda akan mendapatkan balon agak kempes, atau bentuk balon berubah. Perubahan bentuk balon karena pengaruh gaya tekan.
4. Gaya dapat mempengaruhi ukuran sebuah benda, karet jika ditarik akan bertambah panjang, sedangkan pegas jika ditekan akan bertambah pendek.

Selanjutnya, coba Anda bayangkan seandainya Anda meletakkan gelas yang diam di atas meja datar, amati beberapa saat, apakah gelas tetap diam atau menjadi bergerak? Anda akan mendapatkan bahwa gelas tetap diam, karena tidak ada gaya yang bekerja pada gelas (gambar 1.4.)



Gambar 1.4. Gelas diam tetap diam.

Bagaimana jika Anda membayangkan sedang mengamati kelereng yang sedang meluncur di lantai licin yang datar, apakah kelereng akan terus meluncur bergerak atau berhenti? Jika keadaan lantai licin sempurna, Anda akan mendapatkan kelereng terus bergerak, karena tidak ada gaya yang menghentikan kelereng

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa benda yang diam cenderung untuk diam, benda yang bergerak cenderung untuk tetap bergerak. Hal ini disebut sifat kelembaman benda.

Seorang ahli fisika dari Inggris bernama Newton, merumuskan peristiwa-peristiwa seperti di atas, dan selanjutnya disebut dengan Hukum I Newton, yang berbunyi:

Suatu benda akan tetap diam atau tetap bergerak lurus beraturan jika jumlah seluruh gaya pada benda sama dengan nol. Hukum di atas dituliskan:

$$\Sigma F = 0 \text{ Newton}$$

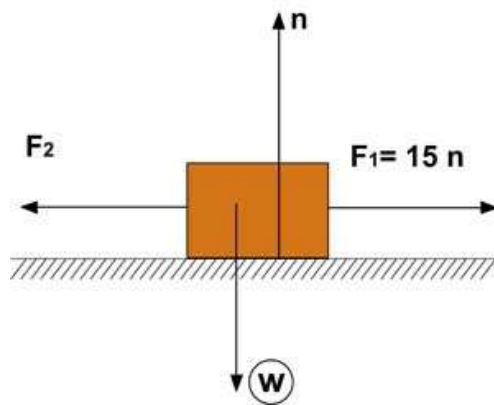
Dengan SF adalah resultan gaya pada benda, dengan satuan newton (N), 1 newton = 1 kg ms⁻².

Contoh1

Gambar di samping dimaksudkan suatu benda (balok) terletak di atas bidang datar yang licin.

Modul Dinamika 1

Balok mengalami gaya tarik $F_1 = 15 \text{ N}$ ke kanan dan gaya F_2 ke kiri. Jika benda tetap diam berapa besar F_2 ?



Gambar 1.6. Beban mengalami dua gaya

Jawaban

Karena benda tetap diam, sesuai dengan Hukum I Newton

$$\Sigma F = 0$$

$$F_1 - F_2 = 0$$

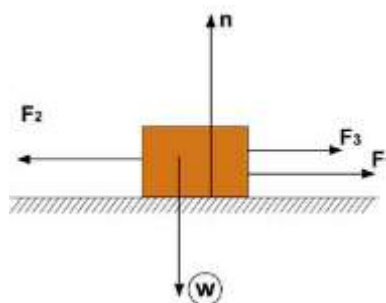
$$F_2 = F_1$$

$$= 15$$

Contoh 2

Pada gambar 1.7. dimaksudkan beban B meluncur ke kanan dengan kecepatan tetap 4 ms^{-1} .

Jika $F_1 = 10 \text{ N}$; $F_2 = 20 \text{ N}$, berapa besar F_3 ?



Gambar 1.7.
Beban mengalami tiga gaya.

Jawab

Sesuai dengan Hukum I Newton, gaya yang bergerak lurus beraturan (kecepatan tetap) adalah nol.

$$\Sigma F = 0$$

$$F_1 + F_3 - F_2 = 0$$

$$F_3 = F_2 - F_1$$

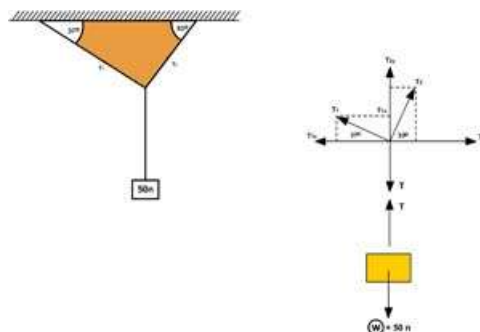
$$F_3 = 20 - 10$$

$$F_3 = 10 \text{ N}$$

Perhatikan dan pahami contoh-contoh berikut ini!

Contoh 3

Beban yang beratnya 50 N tergantung pada 2 tali seperti ditunjukkan gambar 1.8. ($\sin 37^\circ = 0,6$). Tentukan berapa besar gaya tegangan tali T_1 dan T_2 !



Gambar 1.8
a) Beban bergantung pada tali b) Diagram gaya

Jawaban

Gambarkan dahulu diagram gaya-gayanya seperti pada gambar diatas. Selanjutnya kita tinjau pada cabang tali .w.

Karena beban m diam, maka $\Sigma F = 0 \rightarrow T - W = 0 \rightarrow T = W = 50 \text{ N}$
Selanjutnya kita tinjau dari cabang tali

- Arah Mendatar

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow$$

$$T_{2x} - T_{1x} = 0$$

$$T_2 \cos 53^\circ = T_1 \cos 37^\circ$$

$$0,6 T_2 = 0,8 T_1$$

$$T_1 = 0,75 T_2$$

- Arah Vertikal $\Sigma F_y = 0$

$$T_{1y} + T_{2y} - T = 0$$

$$T_1 \sin 37 + T_2 \sin 53 - 50 = 0 \text{ substitusi dengan}$$

$$0.75 T_2 \cdot 0,6 + T_2 \cdot 0,8 - 50 = 0$$

$$T_2 = \frac{50}{1,25}$$

$$= 40\text{N}$$

$$T_1 = 0,75T_2$$

$$= 30\text{N}$$

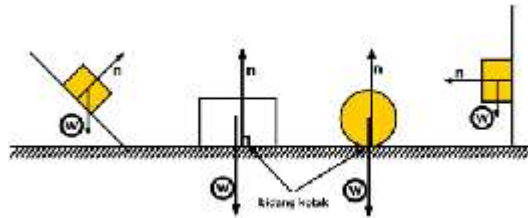
2. Gaya Kontak / Sentuh

Untuk mengerjakan gaya pada suatu benda perlu ada kontak langsung dengan benda atau dapat juga menggunakan benda lain.

Saat terjadi kontak antara dua benda akan bekerja dua gaya kontak yaitu:

a. Gaya Normal (N)

Gaya normal adalah gaya kontak yang kedudukannya tegak lurus bidang kontak dan arahnya menjauhi bidang kontak. Gambar 1.9. memperlihatkan gaya normal sebagai gaya kontak.



Gambar 1.9. Gaya normal tegak lurus bidang kontak.

Perhatikan baik-baik gambar 1.9. dan lihat bahwa titik tangkap gaya normal (N) selalu terletak pada bidang kontak.

b. Gaya Gesekan (f)

gaya gesekan adalah gaya kontak yang kedudukannya berimpit dengan bidang kontak dan arahnya berlawanan dengan kecenderungan arah gerak benda.

Ada syarat khusus untuk gaya gesekan yaitu permukaan yang bersentuhan tidak boleh licin. Khusus mengenai gaya gesekan akan dibahas pada bab tersendiri.

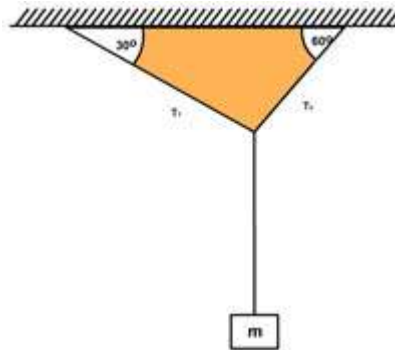
Bagaimana, apakah Anda telah memahami uraian di atas? Jika sudah coba Anda kerjakan latihan berikut ini.

1. Beban yang terletak di atas meja datar dan licin, mengalami gaya-gaya $F_1 = 20\text{ N}$ ke kanan, $F_2 = 25\text{ N}$ ke kiri dan F_3 jika beban tetap diam. Berapakah

Modul Dinamika 1

besar F_3 dan ke mana arahnya?

2. Coba Anda perhatikan gambar di Di bawah ini. Beban m yang massanya 5 kg dengan percepatan gravitasi 10 ms^{-2} , tergantung pada tali. Tentukan berapa besar gaya tegangan tali T_1 dan T_2 !



Apakah jawaban Anda sudah betul?

Selamat bagi Anda yang betul, jika belum jangan kecewa, silakan Anda coba sekali lagi.

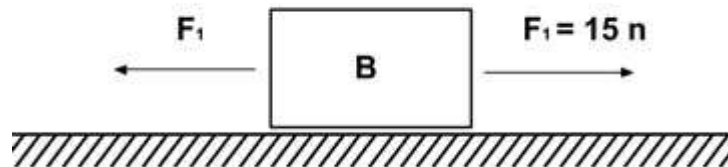
1. $F_3 = 5 \text{ N}$ ke kanan
2. $T_1 = 25\sqrt{3} \text{ N}$
 $T_2 = 25 \text{ N}$

C. Tugas Kegiatan 1

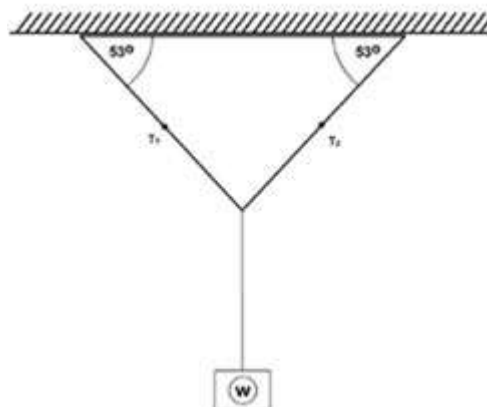
Anda telah menyelesaikan kegiatan 1, modul ini. selanjutnya Anda kerjakan tugas berikut ini, cocokkan sendiri jawaban Anda dengan jawaban yang ada di akhir modul ini.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya!
2. Apa yang terjadi jika balon yang menggembung kita tekan perlahan dengan tangan?
3. Jelaskan apa yang terjadi jika benda yang bergerak diberi gaya yang arahnya tegak lurus arah gerak benda!
4. Jelaskan bagaimana bunyi Hukum I Newton!
5. Di dalam kendaraan yang sedang bergerak lalu direm mendadak para penumpang akan terdorong ke depan. Jelaskan dengan prinsip Hukum I Newton!

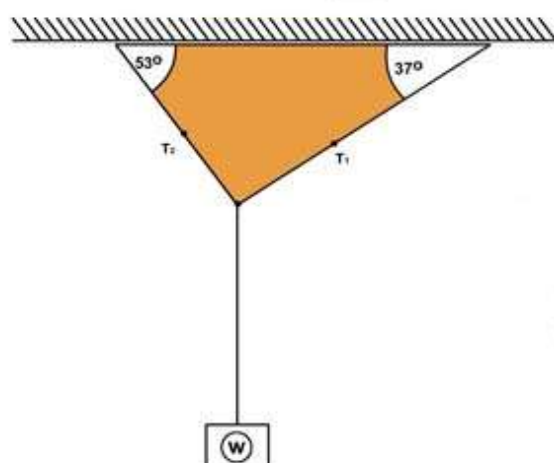
6. Perhatikan gambar di dibawah, beban B terletak di atas bidang datar, mengalami dua gaya yaitu $F_1 = 15 \text{ N}$ ke kanan dan F_2 ke kiri. Jika beban tersebut diam, berapakah besar F_2 ?



7. Bagaimana besar gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dengan kecepatan tetap?
8. Berikan dua contoh keberlakuan Hukum I Newton dalam kejadian sehari-hari.
9. Jika berat beban $w = 16 \text{ N}$, berapakah besar T_1 dan T_2 , jika $\sin 53 = 0,8$?



10. Jika berat beban $w = 10 \text{ N}$ Berapakah besar T_1 dan T_2 ?



KEGIATAN BELAJAR 2

Hukum II Newton

A. Tujuan Pembelajaran

Pada akhir kegiatan, diharapkan Anda dapat :

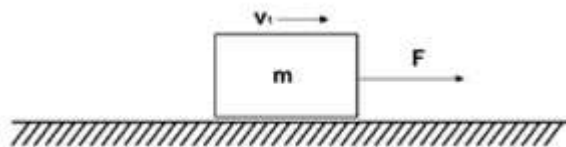
1. menghitung percepatan suatu benda karena pengaruh gaya;
2. mendefinisikan berat benda w ; dan
3. menghitung tegangan tali pada sistem katrol.

B. Uraian Materi

1. Gaya Menimbulkan Percepatan

Pada Kegiatan 1, telah dibahas jika benda diam atau bergerak lurus beraturan, maka resultan gaya pada benda nol.

Bagaimanakah jika gaya pada benda tidak nol? Untuk menjawabnya, coba Anda perhatikan uraian berikut.



Gambar 2.1. Beban bermassa m mengalami gaya F .

Gambar 2.1. memperlihatkan beban bermassa m dalam keadaan bergerak dengan kecepatan V_1 . Kemudian pada benda m diberikan gaya dorong (F) yang searah dengan V_1 . Ketika kecepatan diukur kembali besarnya menjadi V_2 . Ini berarti gaya dorong (F) yang diberikan menimbulkan perubahan kecepatan (ΔV) atau menimbulkan percepatan (a) pada benda m .

Menurut Hukum Newton, besar perubahan kecepatan atau percepatan yang dialami benda berbanding lurus dengan besar gaya yang diberikan. Atau secara matematis.

$$\boxed{\sum F \sim \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ atau } \sum F \sim a} \quad \sim \text{dibaca sebanding dengan}$$

Modul Dinamika 1

Ternyata jika masa benda (m) dikalikan dengan percepatan nilainya sama dengan besar gaya yang dikerjakan, sehingga dapat ditulis:

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

dengan

ΣF = resultan gaya yang bekerja (N)

m = massa benda (kg)

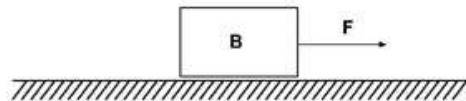
a = percepatan atas benda (m/s^2)

Persamaan inilah yang dikenal sebagai Hukum II Newton. Persamaan ini menjelaskan bahwa setiap resultan gaya (ΣF) tidak bernilai nol pada benda akan menimbulkan perubahan kecepatan atau percepatan pada benda tersebut. Jadi gaya menimbulkan percepatan pada benda.

Untuk mempermudah memahami apa yang telah Anda baca, perhatikan contoh soal berikut.

Contoh 1

Balok B massanya 2 kg ditarik dengan gaya F yang besarnya 6 Newton. Berapa percepatan yang dialami beban?



Gambar 2.2.

Berdasarkan Hukum Newton II

$F = m \cdot a$ (dengan $F = 6$ N dan $m = 2$ kg)

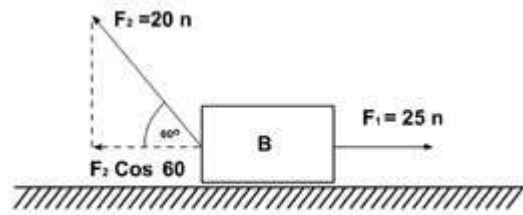
$$6 = 2a$$

$$a = \frac{6}{2}$$

$$a = 3 \text{ ms}^{-2}$$

Contoh 2

Balok B mengalami dua gaya masing-masing $F_1 = 25$ N dan $F_2 = 20$ N seperti ditunjukkan pada gambar. Berapa percepatan balok B?



Gambar 2.3.

Dari Hukum II Newton

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

$$F_1 - F_2 \cos 60 = m \cdot a$$

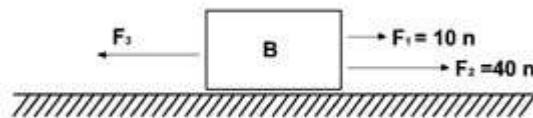
$$25 - 20 \cdot 0,5 = 2 \cdot a$$

$$a = \frac{25 - 10}{2}$$

$$a = 7,5 \text{ ms}^{-2}$$

Contoh 3

Jika balok B yang massanya 2 kg mengalami percepatan 5 ms^{-2} ke kanan, berapa besar F_3 ?



Gambar 2.4.

Karena $\Sigma F = m \cdot a$

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

$$10 + 14 - F_3 = 2,5$$

$$F_3 = 40 \text{ N}$$

2. Gaya Berat

Dalam percakapan sehari-hari, sering kita dengar istilah berat. Misalnya “Amir disuruh ibunya membeli gula yang beratnya 2 kg.” Dalam fisika, kata yang dimaksudkan oleh ibu Amir seharusnya adalah massa, yaitu jumlah zat yang terkandung dalam suatu benda (selalu tetap di manapun berada).

Lalu apakah berat itu? Berat suatu benda adalah massa suatu benda yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi, di tempat yang gravitasinya berbeda berat benda akan berubah.

Modul Dinamika 1

Berdasarkan Hukum II Newton, berat benda dirumuskan:

$$w = m \cdot g$$

di mana

w = gaya gravitasi bumi pada benda atau berat benda dalam Newton

m = massa benda, dalam kg

g = percepatan gravitasi bumi yang besarnya $9,8 \text{ ms}^{-2}$ kadang-kadang untuk memudahkan dibulatkan menjadi 10 ms^{-2}

Contoh 4

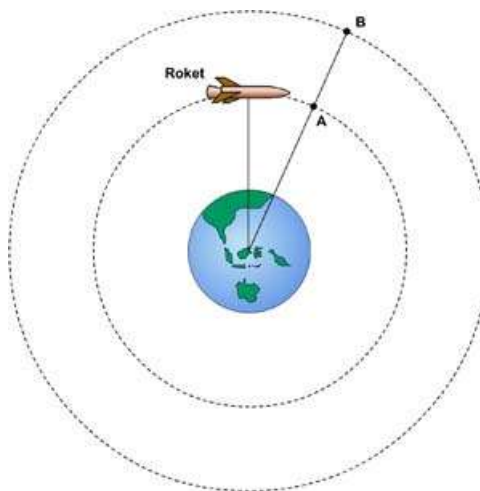
Berat benda yang massanya 2 kg, jika $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ adalah:

$$w = m \cdot g$$

$$w = 2 \cdot 9,8$$

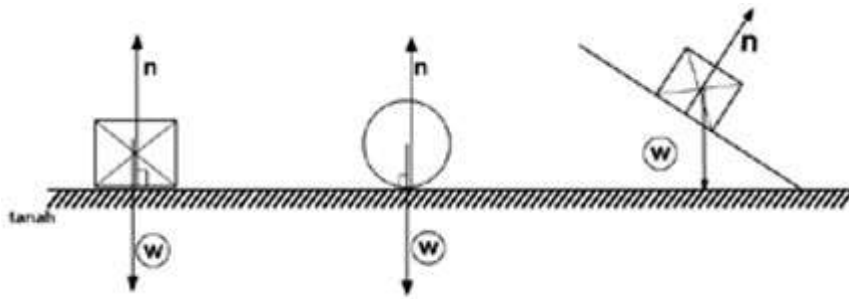
$$w = 19,6 \text{ Newton.}$$

Makin jauh dari bumi percepatan gravitasi bumi makin kecil, sehingga berat roket pada saat di A lebih besar dibandingkan roket di B.



Gambar 2.5. Roket di atas Bumi.

Semua benda yang berada di atas permukaan bumi pada jarak tertentu dari pusat bumi akan mengalami gaya gravitasi yang dinamakan gaya berat w . Gaya berat w kedudukannya pada pusat massa benda itu dan arahnya menuju pusat bumi. Beberapa gambar gaya berat benda diperlihatkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kedudukan Gaya Berat.

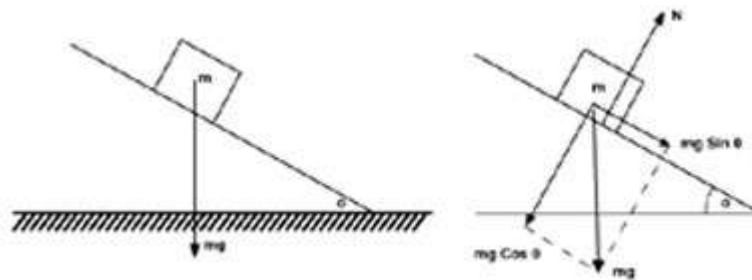
Dari gambar 2.6. nampak bahwa gaya berat (w) dapat digambarkan mengambil kedudukan tegak lurus terhadap permukaan tanah.

Dalam menyelesaikan persoalan-persoalan dinamika penempatan gaya berat dan gaya normal dalam sistem benda turut menentukan hasil yang diperoleh.

3. Aplikasi Hukum II Newton pada beberapa Sistem Benda

- Benda pada bidang miring yang licin apabila sebuah benda diletakkan di puncak bidang miring yang licin, maka benda tersebut akan meluncur turun pada bidang miring tersebut. Saat bergerak turun benda mengalami percepatan gravitasi sehingga kecepatannya makin lama makin besar.

Diagram gaya-gaya yang bekerja pada benda, diperlihatkan oleh gambar 2.7a. berikut



Gambar 2.7.

- beban m di atas bidang miring licin
- diagram gaya pada beban m

Modul Dinamika 1

Menurut Hukum II Newton percepatan ditimbulkan oleh resultan gaya yang bekerja dan searah dengan arah geraknya. Maka dari gambar di atas diperoleh

$$\Sigma F = m g \sin \theta$$

Percepatan benda sepanjang bidang miring adalah:

$$\begin{aligned} ma &= m g \sin \theta \text{ atau} \\ a &= g \sin \theta \text{ (}\theta \text{ dibaca teta)} \\ \text{dengan } g &= g \sin \theta \text{ (}\theta \text{ dibaca teta)} \\ q &= \text{sudut kemiringan bidang} \end{aligned}$$

Contoh 5

Beban m yang massanya 5 kg dan percepatan gravitasi 10 ms^{-2} terletak di atas bidang miring licin dengan sudut kemiringan 30° . Tentukan berapa percepatan beban m !

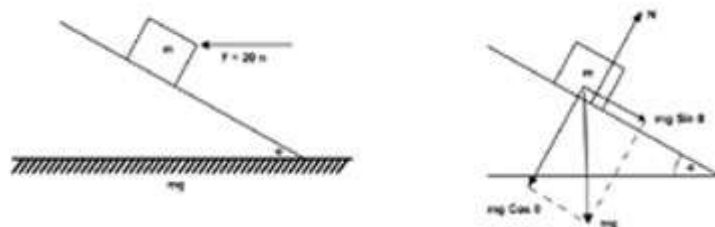
Jawaban

Pada beban hanya bekerja gaya berat, maka percepatan beban bisa dihitung:

$$\begin{aligned} a &= g \sin \theta \\ &= 10 \sin 30 \\ &= 5 \text{ ms}^{-2} \end{aligned}$$

Contoh 6

Beban m yang mengalami 5 kg dan percepatan gravitasi 10 ms^{-2} terletak di atas bidang miring dengan sudut kemiringan 37° ($\sin 37 = 0,6$). Beban mengalami gaya F mendatar sebesar 20 N (gambar 2.8.) Tentukan berapa percepatan m !



Gambar 2.8. a) beban m mengalami gaya F
b) uraian gaya F dan mg .

Jawaban

Uraikan dahulu gaya pada beban m (gambar 2.8.) sehingga tampak gaya-gaya mana saja yang mempengaruhi gerakan m turun. Berdasarkan gambar 2.8. tersebut tampak gaya-gaya yang mempengaruhi gerakan m adalah gaya $mg \sin 37^\circ$ dan $F \cos 37^\circ$.

Sesuai dengan Hukum II Newton

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

$$m \cdot g \sin 37^\circ - F \cos 37^\circ = m \cdot a$$

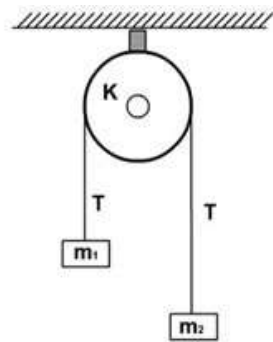
$$5 \cdot 10 \cdot 0,6 - 20 \cdot 0,8 = 5 \cdot a$$

$$5a = 30 - 16$$

$$a = 2,8 \text{ ms}^{-2}$$

b. Sistem Katrol

Sistem Katrol terdiri atas katrol, tali dan benda. Pada bagian ini Anda akan mempelajari sistem katrol tanpa gesekan. Pemakaian prinsip Hukum II Newton pada suatu sistem katrol diperlihatkan oleh gambar 2.9. berikut:



Gambar 2.9
 m_1 dan m_2 tergantung pada katrol

Dari gambar 2.9. nampak bahwa T: gaya tegangan tali. Beban m_1 dan m_2 dihubungkan dengan tali ringan melalui katrol: K tanpa gesekan.

Apa yang terjadi jika $m_1 < m_2$? Jelas m_1 akan naik, m_2 akan turun sesuai dengan Hukum II Newton. Pada beban m_1 berlaku:

$$\Sigma F = m \cdot a \quad T \rightarrow w_1 = m_1 \cdot a$$

$$T - m_1 \cdot g = m_1 \cdot a \quad (\text{arah gerak naik}) \quad \text{pada beban } m_2 \text{ berlaku:}$$

$$\Sigma F = m \cdot a \quad w_2 \rightarrow T = m_2 \cdot a \quad \text{atau}$$

$$m_2 \cdot g - T = m_2 \cdot a \quad (\text{arah gerak turun})$$

Jika gaya-gaya pada m_1 dan m_2 kita gabung, akan didapatkan

$$\begin{aligned} T - m_1 \cdot g + m_2 \cdot g - T &= m_1 a + m_2 a \\ m_1 \cdot g + m_2 \cdot g &= (m_1 + m_2) a \end{aligned}$$

Kedua beban mengalami percepatan sebesar

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

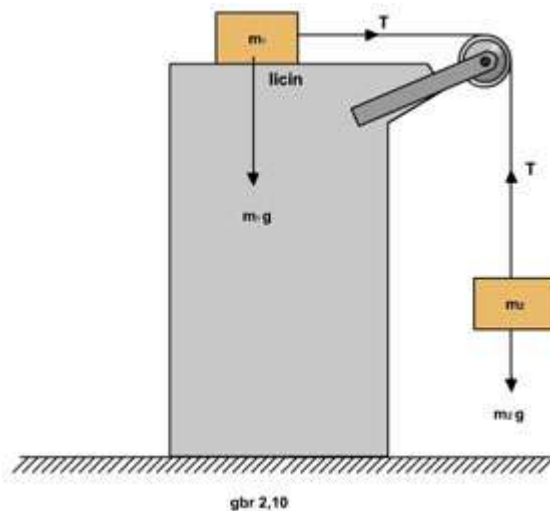
Coba Anda perhatikan lagi gambar 2.9, seandainya besar $m_1 = 4 \text{ kg}$, $m_2 = 6 \text{ kg}$ dan $g = 10 \text{ ms}^{-1}$, dapatkan Anda menghitung berapa besar

- percepatan kedua beban?
- besar tegangan tali?

Jika hitungan Anda benar akan didapatkan jawaban

- $a = 2 \text{ ms}^{-2}$
- $T = 48 \text{ N}$

Untuk lebih memantapkan pemahaman Anda, perhatikan contoh berikut: Beban $m_1 = 4 \text{ kg}$ terletak di atas bidang datar yang licin dihubungkan dengan tali tanpa gesekan melalui katrol ke beban $m_2 = 1 \text{ kg}$ yang tergantung.



Gambar 2.10.
 m_1 terletak di atas meja,
 m_2 tergantung

Karena bidang licin, m_1 bergerak ke kanan, m_2 bergerak turun, gaya-gaya yang searah dengan gesekan positif yang berlawanan dengan arah gesekan negatif.

Sesuai dengan Hukum II Newton pada m_1 berlaku

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m \cdot a \\ T &= m_1 \cdot a\end{aligned}$$

Modul Dinamika 1

Pada m_2 , berlaku $m_2g - T = m_2a$.

Jika keduanya digabung $T + m_2g - T = m_1a + m_2a$

$$a = \frac{m_2g}{m_1 + m_2}$$

Jika percepatan gravitasi bumi 10 ms^{-2} maka besar percepatan kedua beban

$$a = \frac{1 \cdot 10}{4 + 1} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

Besar T , dapat dihitung dari $T = m_2a = 4 \cdot 2 = 8 \text{ N}$

Pada Benda yang Bergerak Melingkar Beraturan

Dari modul "Kinematika Gerak Lurus" Anda telah mempelajari bahwa benda yang bergerak melingkar beraturan memiliki percepatan sentripetal (a_s) yang besarnya:

$$a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

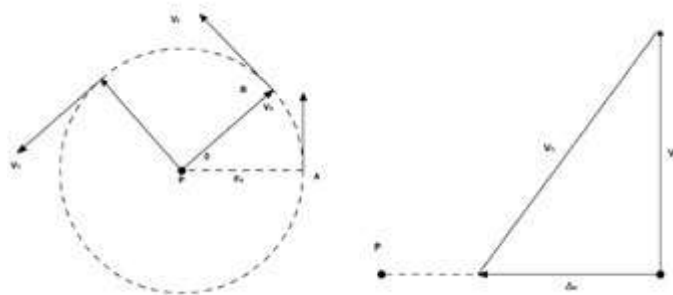
dengan

v = kecepatan linier

ω = kecepatan sudut $\rightarrow \omega$ dibaca omega

R = jari-jari lintasan

Untuk mengingatkan, Anda perhatikan gambar 2.11. berikut ini:



Gambar 2.11..
Perubahan kecepatan pada benda GMB menuju pusat lintasan.

Sesuai dengan Hukum II Newton, percepatan sentripetal a_s disebabkan oleh gaya yang searah dengan a_s . Gaya ini dinamakan gaya sentripetal (F_s). Jadi:

$$\Sigma F = m \cdot a_s$$

di mana $\Sigma F = F_s$ adalah gaya sentripetal dapat ditulis bahwa:

$$a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

Dari persamaan ini nampak bahwa besarnya gaya sentripetal bergantung pada

- a) m = massa benda (kg)
- b) v = kecepatan linier (m/s)
- c) ω = kecepatan sudut (rad/s)
- d) R = jari-jari lintasan, m

Gaya sentripetal, F_s berperan mempertahankan benda bergerak melingkar beraturan agar tetap pada lintasannya.

Untuk lebih memahami gaya sentripetal pelajari contoh berikut ini:

Contoh 7

Sebuah benda bermassa 100 gr bergerak melingkar beraturan dengan laju 3 m/s. Jika jari-jari lingkaran 40 cm, berapakah gaya sentripetal yang dialami benda ini?

Jawab:

Diketahui:

$$m = 100 \text{ gr} = 0,1 \text{ kg}$$

$$v = 3 \text{ ms}^{-1}$$

$$t = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Ditanyakan:

Gaya sentripetal = F_s

Penyelesaian:

Dari data yang diketahui, maka gaya sentripetal dihitung dengan persamaan

$$F_s = \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{(0,1) \cdot (3)^2}{0,4} = 2,25 \text{ N}$$

Contoh 8

Sebuah benda bermassa 0,6 kg diikat di ujung seutas tali yang panjangnya 1,5 m. Bola berputar dalam satu lingkaran horisontal seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Jika putaran bola tali mengalami tegangan maksimum 40 N, berapakah kelajuan maksimum bola sebelum tali putus?

Jawab

Diketahui

$$\text{Massa bola } m = 0,6 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang tali} = \text{jari-jari } r = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tegangan tali} = \text{gaya sentripetal } F_s = 40 \text{ N}$$

maksimum

Ditanyakan:

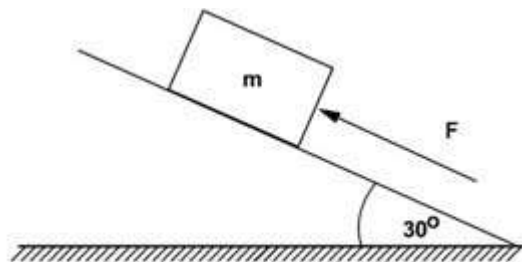
Kelajuan maksimum bola sebelum tali putus?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} F_s = T &= \frac{m \cdot v^2}{R} \\ &= \sqrt{\frac{(T \cdot R)}{m}} = \sqrt{\frac{40 \frac{3}{2}}{\frac{6}{10}}} \\ &= \sqrt{100} = 10 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

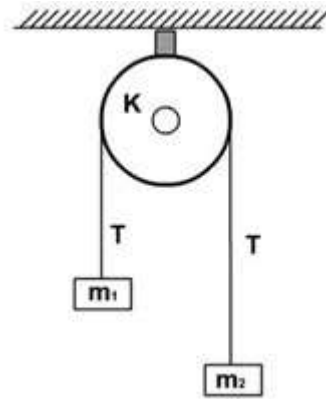
Sebelum mengakhiri kegiatan 2 ini coba Anda kerjakan latihan berikut:

1. Beban m massanya 4 kg ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$) terletak di atas bidang miring licin. Akibat gaya F (perhatikan gambar) beban mengalami percepatan 2 ms^{-2} arah turun. Berapakah besar F ?



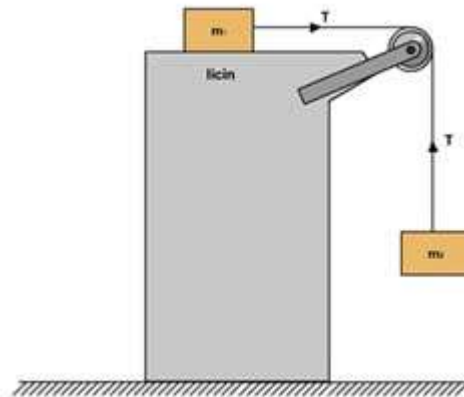
Gambar 2.12.

2. Beban m_1 dan m_2 masing-masing 4 kg dari 6 kg ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$), dihubungkan dengan tali lain digantungkan pada katrol licin. Tentukan berapa besar:
 - a. percepatan kedua beban!
 - b. besar gaya tagangan tali T !



Gambar 2.13.

3. m_1 besarnya 8 kg dan m_2 2 kg ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$). Jika bidang licin, tentukan:
- percepatan beban m_1 dan m_2 !
 - besar tegangan tali T !



Gambar 2.14.

4. Seorang siswa memutar beban karet bermassa 100 gr dengan alat sentripetal yang ujungnya diberi beban 1 kg. Jika jari-jari lintasan beban 75 cm dan beban berputar horizontal dengan laju linier 2 m/s, hitunglah besar gaya sentripetal dan tegangan tali!

Jawaban

- $F = 12$
- $a = 2 \text{ ms}^{-2}$
 - $b = 48 \text{ N}$
- $a = 2 \text{ ms}^{-2}$
 - $T = 16 \text{ N}$
- $F_s = 5,33 \text{ N}$
 $F_s = T = 5,33 \text{ N}$

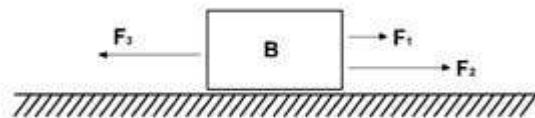
Modul Dinamika 1

Selamat kepada Anda yang telah mengerjakan latihan-latihan dengan benar.
Bagi Anda yang belum, jangan kecewa silakan coba sekali lagi.

Tugas Kegiatan 2

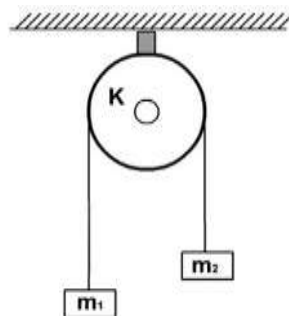
Anda telah menyelesaikan kegiatan 2 modul ini, selanjutnya kerjakan tugas berikut dan cocokkan jawaban Anda dengan kunci yang ada di akhir modul.

1. Sebuah benda massanya 5 kg terletak di atas bidang datar, mengalami gaya 10 N ke kanan. Berapakah percepatan yang dialami benda tersebut?
2. Beban m 5 kg mengalami gaya F_1 , F_2 dan F_3 masing-masing 10 N, 25 N dan 20 N. Berapakah percepatan yang dialami beban m ?



Gambar 2.15.

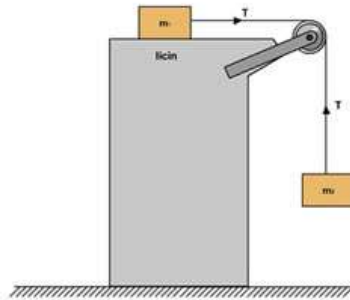
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan berat suatu benda!
4. Sebuah benda memiliki massa 2 kg, jika percepatan gravitasi bumi besarnya $9,8 \text{ ms}^{-2}$, berapakah berat benda tersebut?
5. Beban m_1 dan m_2 masing-masing 3 kg dan 2 kg dihubungkan dengan tali ringan tanpa gesekan melalui katrol K. Jika percepatan gravitasi $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, hitunglah berapa besar:
 - a. percepatan kedua beban!
 - b. besar tali penggantung!



Gambar 2.16.

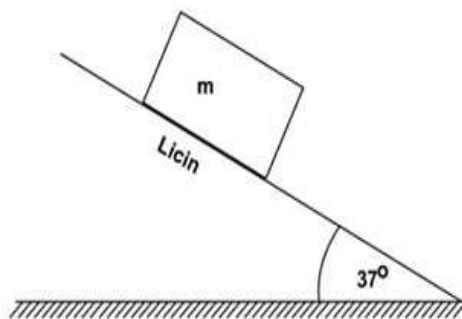
6. Sebuah benda berputar dengan kecepatan sudut tetap 4 rad/s. Jika massa benda adalah 100 gr, dan panjang tali untuk memutar benda tersebut adalah 50 cm, maka gaya sentripetal yang dialami benda adalah
7. Beban m_1 massanya 9 kg terletak di atas meja licin, beban m_2 massanya 1 kg. Jika percepatan gravitasi 10 ms^{-2} Hitunglah berapa
 - a. percepatan kedua beban

b. besarnya tegangan tali



Gambar 2.17.

8. Sebuah balok m diletakkan di atas bidang miring yang licin dengan kemiringan 37° (perhatikan gambar).



Gambar 2.18.

Jika percepatan gravitasi bumi 10 ms^{-2} , berapakah percepatan balok saat meluncur pada bidang miring?

KEGIATAN BELAJAR 3

Hukum III Newton

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan ada dapat ;

1. mendeskripsikan pasangan gaya aksi-reaksi;
2. menerapkan konsep gaya aksi-reaksi pada sistem benda.

B. Uraian Materi

Untuk memahami pengertian gaya aksi-reaksi, coba Anda perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 3.1. Amir mendorong Dinding.

Pada gambar tersebut, Amir mendorong dinding dengan gaya F . Apa yang dirasakan oleh Amir? Amir merasa bahwa tangannya didorong oleh dinding dengan gaya F^1 .

Gaya F^1 disebut gaya reaksi karena gaya ini timbul setelah F dikerjakan pada tembok. Jadi F adalah gaya yang dikerjakan Amir pada tembok dan F^1 adalah gaya yang dikerjakan tembok pada Amir.

Newton menjelaskan peristiwa ini dengan pernyataan:

Jika benda A mengerjakan gaya pada benda B (gaya aksi F_{AB}), maka benda B akan mengerjakan gaya pada benda A (gaya reaksi, F_{BA})

Ini disebut Hukum III Newton. Pernyataan matematisnya ialah:

$$F = - F^1 \text{ atau } F_{AB} = - F_{BA}$$

Rumusan matematis ini merupakan persamaan karena selama mendorong, tembok tidak bergerak atau sistem diam.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan syarat-syarat gaya aksi reaksi yaitu:

1. Arahnya berlawanan.
2. Besarnya sama (karena sistem diam).
3. Bekerja pada benda yang berbeda.
(F_{AB} pada tembok dan F_{BA} pada Amir)

Hal penting lainnya yang perlu Anda perhatikan dari pasangan gaya aksi-reaksi ialah titik tangkap Gaya F_{AB} dan F_{BA} .

Dari gambar 3.1. nampak bahwa titik tangkap F_{AB} dan F_{BA} berimpit di titik P pada bidang sentuh. Ini berarti bahwa gaya aksi-reaksi juga merupakan gaya kontak.

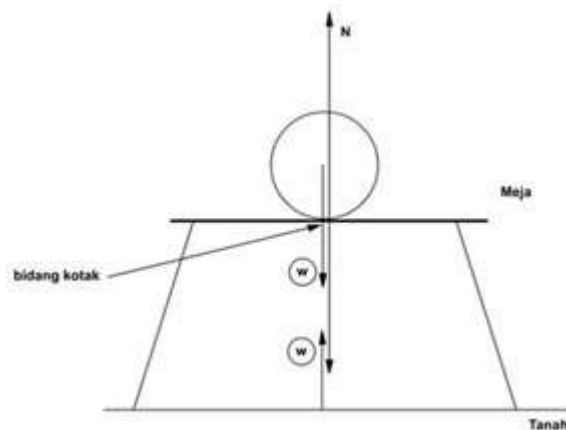
Jadi:

Gaya aksi-reaksi termasuk gaya kontak

Berbagai percobaan menunjukkan bahwa ketika dua benda bersentuhan, dua buah gaya yang mereka berikan satu sama lain selalu memiliki besar yang sama dan arahnya berlawanan.

Tetapi Hukum III Newton juga menjelaskan gaya-gaya yang titik tangkapnya berbeda. Gaya-gaya demikian disebut gaya jarak jauh.

Contohnya ialah gaya berat benda (w) dan gaya gravitasi bumi (F_g) yang diperlihatkan pada gambar 3.2. berikut:



Gambar 3.2. Gaya aksi-reaksi pada gaya-gaya jarak jauh.

Sebuah bola besi diletakkan di atas meja. Gaya kontak yang terjadi antara bola besi dan meja adalah gaya normal N sebagai gaya reaksi, dan N^1 adalah gaya aksi. Karena bola besi memberikan gaya tekan pada meja.

Jadi :

$$N^1 = -N$$

Tetapi bola besi memiliki berat w yang ditimbulkan oleh gravitasi bumi. Ini berarti bumi mengerjakan gaya aksi pada bola besi yaitu gaya w , maka bola besi juga mengerjakan gaya pada bumi yaitu w^1 . Jadi w gaya aksi dan w^1 gaya reaksi.

Ditulis:

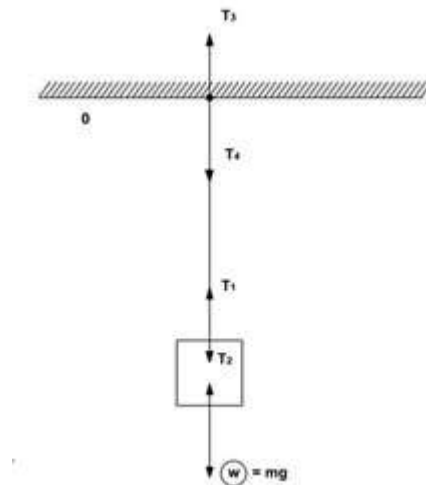
$$w = -w^1$$

Perhatikan bahwa titik tangkap gaya w pada bola besi dan titik tangkap gaya w^1 pada bumi. w dan w^1 merupakan pasangan gaya aksi-reaksi dari gaya jarak jauh.

Contoh lain gaya aksi-reaksi jarak jauh dalam kejadian sehari-hari adalah:

- Gaya tarik menarik kutub Utara dengan kutub Selatan magnet;
- Gaya tarik menarik bumi dengan bulan;
- Gaya tolak menolak antara muatan listrik muatan positif dengan muatan positif, muatan negatif dengan muatan negatif.

Untuk lebih meningkatkan pemahaman Anda tentang gaya aksi-reaksi, perhatikan gambar 3.3.



Gambar 3.3. Beban w tergantung pada tali

Beban yang beratnya w , digantungkan pada penumpu O melalui tali, akibatnya tali menegang, pada tali bekerja gaya yang disebut gaya tegangan tali, biasanya diberi simbol T .

Gaya-gaya yang bekerja pada beban adalah T , sebagai tarikan tali terhadap beban, dan w berat beban itu sendiri sebagai tarikan bumi. Karena beban diam, maka pada beban berlaku $T_1 - w = 0$, atau:

$$T_1 = w$$

Interaksi dua benda terjadi antara beban dengan tali. Beban disangga oleh tali, tali menarik beban dengan gaya T , sebagai reaksinya beban menarik tali dengan gaya T_2 yang besarnya sama dengan T_1 arahnya berlawanan dengan T_1 .

Jadi T_1 dan T_2 merupakan pasangan gaya aksi-reaksi kontak.

Interaksi dua benda juga terjadi antara penumpu O dengan tali, karena tali disangga oleh penumpu O, tali ditarik oleh penumpu dengan gaya T_3 . Sebagai reaksinya, tali menarik penumpu O dengan gaya T_4 yang besarnya sama dengan T_3 , arahnya berlawanan dengan T_3 .

Jadi T_3 dan T_4 merupakan pasangan aksi-reaksi kontak. Tetapi T_3 disebabkan oleh berat benda sehingga T_3 dan W merupakan pasangan gaya aksi-reaksi jarak jauh.

Sekarang Anda sudah memahami konsep gaya aksi-reaksi.

Coba Anda perhatikan lagi gambar 3.3, selanjutnya kerjakan latihan berikut ini.

1. Sebutkan gaya-gaya manakah yang bekerja pada tali!
2. Bagaimanakah besar gaya T_2, T_3 ?
3. Coba Anda jelaskan apakah gaya berikut pasangan aksi-reaksi
 - a. T_1 dan w_1 !
 - b. T_2 dan T_4 !

Jawaban

1. T_2 dan T_3
2. $T_2 = T_3 = w$
3.
 - a. T_1 dan T_2 bukan pasangan aksi-reaksi, karena bukan interaksi dua benda
 - b. T_2 dan T_4 , bukan pasangan aksi-reaksi, karena bukan interaksi dua benda.

Sekarang Anda telah menyelesaikan modul ini, semoga Anda memahaminya. Sebelum Anda melakukan Test Akhir Modul ini, kerjakanlah tugas berikut ini.

PENUTUP

Sampai di sini berarti Anda telah selesai mempelajari isi modul ini. Untuk itu saya ucapkan selamat kepada Anda.

Marilah kita ulangi apa yang telah Anda pelajari pada modul ini.

A. Rangkuman

1. • Gaya adalah sesuatu yang dapat merubah kondisi gerak benda, dapat merubah bentuk benda.

- **Hukum I Newton**

Suatu benda akan diam atau bergerak lurus beraturan jika besar seluruh gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol.

$$\sum F = 0$$

2. • **Hukum II Newton**

Jika besar gaya yang bekerja pada benda tidak nol, maka benda akan mengalami percepatan yang besarnya:

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

- Gaya berat suatu benda adalah massa benda itu yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi
3. • **Hukum Newton III**
Gaya aksi-reaksi adalah pasangan dua gaya yang besarnya sama, arahnya berlawanan dan merupakan hasil interaksi dua benda.

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

B. Kunci jawaban Tugas Kegiatan

1. Kegiatan 1

1. Gaya adalah sesuatu yang dapat merubah kondisi gerak suatu benda, atau dapat merubah bentuk benda.
2. Balon mengempes bentuknya berubah.

3. Pemantulan teratur adalah pemantulan sinar oleh permukaan bidang yang rata di mana sinar-sinar sejajar yang datang ke permukaan bidang tersebut dipantulkan oleh permukaan itu dalam arah yang sejajar pula.
4. **Hukum I Newton**
Benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan jika besar seluruh gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol.
5. Besar gaya pada benda diam nol.
6. $F_2 = 15 \text{ N}$
7. Besar gaya pada benda yang bergerak dengan kecepatan tetap adalah nol.
8. Gelas yang diam di atas meja.
Mobil yang bergerak dengan kecepatan tetap.
9. Diketahui $w = 16 \text{ N}$
 T_1 dan T_2 simetris, maka $T_1 = T_2 = T$
 $\Sigma F_y = 0$
 $2 T \sin 53 - w = 0$
 $2 T \cdot 0,8 = 16 \quad T = 10 \text{ N}$
Jadi $T_1 = T_2 = T = 10 \text{ N}$
10. Diketahui $W = 10 \text{ N}$
 T_1 dan T_2 saling tegak lurus
karena beban W diam
 $\Sigma F_y = 0$
 $w_1 = w = 10 \text{ N}$
 $T_1 = w_1 \cos 53 = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ N}$
 $T_2 = w_1 \sin 53 = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ N}$

2. Kegiatan 2

1. $a = 32 \text{ ms}^{-2}$
2. $a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ ms}^{-2}$
3. Berat suatu benda adalah hasil kali massa dengan percepatan gravitasi bumi ($W = mg$).
4. $w = 20 \text{ N}$
5. $M_1 > M_2$;
$$\frac{(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2} g = 2 \text{ ms}^{-2}$$
- b. $T = 24 \text{ N}$
6. $a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{1 \cdot 10}{9 + 1} = 1 \text{ ms}^{-2}$
b. $T = m_1 a = 9 \cdot 1 = 9 \text{ N}$
7. $g = 10 \text{ ms}^{-2}$; $\theta = 37^\circ$
pada balok hanya bekerja gaya berat percepatan balok
 $a = g \sin 37$

$$a = 10.0,6 = 6 \text{ ms}^{-2}$$

3. Kegiatan 3

1. Gaya aksi-reaksi adalah dua gaya yang besarnya sama, arahnya berlawanan, hasil interaksi dua benda.
2. Contoh gaya aksi-reaksi:
 - Gaya tarik menarik dua kutub magnet yang berlainan (kutub utara dengan kutub selatan magnet).
 - Gaya tarik menarik antara bumi dan bulan.
3. Pasangan gaya aksi-reaksi, berdasarkan gambar adalah T_1 dan T_3 , T_2 dan T_4 .
4. Besar $T_1 = T_2 = T_3 = W = 10 \text{ N}$.

C. Kegiatan Praktikum

Setelah Anda selesai mempelajari modul ini lakukan kegiatan praktikum dengan kelompok belajar Anda, di bawah bimbingan Guru Pamong

Petunjuk:

Lakukan percobaan berikut dengan kelompok Anda dan buatlah laporannya secara kelompok.

Praktikum dimaksudkan untuk membuktikan Hukum-hukum Newton tentang gerak. Setelah Anda lakukan praktikum buat laporannya secara kelompok.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang perlu Anda siapkan adalah:

bahan :

1. Kertas HVS polos
2. Pita ticker timer
3. Benang secukupnya
4. Batu Baterai silinder

Alat:

1. Troly (1 buah)
2. Katrol jepit (1 buah)
3. Papan luncur (1 buah)
4. Ticker timer (1 buah)
5. Beban Gantung (50 gr, 100 gr)

Modul Dinamika 1

6. Neraca pegas (2 buah)
7. Power suplay (1 buah)

Praktikum 1 : Cobalah lakukan kegiatan berikut ini:

Letakkan sebuah batu baterai di atas kertas dengan alas mejamu, kemudian salah satu ujung ditarik secara:

- a. Perlahan-lahan, apa yang terjadi pada batu baterai?
.....
.....
.....
- b. Disentak mendadak, apa yang terjadi pada batu baterai?
.....
.....
.....
- c. Perlahan-lahan kemudian tarikan mendadak dihentikan, apa yang terjadi pada baterai?
.....
.....
.....

Praktikum 2 :

1. Susunlah trolly, benang dan beban melalui katrol, pita pada ticker time.
2. Beban dilepas trolly akan bergerak lurus glbb melalui papan luncur.
3. Aturlah beban dan massa trolly dengan mengukur gaya beban.

Ambillah data pita ticker time untuk 10 titik

1. Massa 1 trolly dan beban 50 gr
2. Massa 1 trolly dan beban 100 gr
3. Massa 2 trolly dan beban 100 gr

Tugas Diskusi

Amati dengan seksama 10 titik yang tertera pada tiap potongan pita ticker timer.

- a. Menunjukkan apakah titik-titik pada pita ticker timer tersebut.
- b. Tulislah kesimpulan Anda dari hasil pengamatan titik-titik tersebut.

Praktikum 3

Rangkaikan 2 buah neraca pegas sehingga saling berkaitan pada satu garis lurus, usahakan agar gesekan sekecil mungkin dengan meja seperti pada gambar. Kemudian masing-masing pegas ditarik sehingga keduanya menunjukkan gaya tarik. Bacalah skala masing-masing neraca.

Modul Dinamika 1

Bagaimanakah nilai dan arahnya kedua gaya tarik pegas?

Amatilah bacaan skala neraca pegas untuk 3 kali pembacaan skala, kemudian diskusikan hasil bacaan tersebut.

Tulislah hasil diskusi Anda dengan kalimat yang tepat menggambarkan kesimpulan kelompok.

DAFTAR PUSTAKA

Arthur, N.S. et.al., **Element Of Physical Geography**, John Wiley and Sons, Toronto.

Budikase, E., Kertiasa, Nyoman, **Fisika 2 Untuk Sekolah Menengah Umum**, 1994.

Bernard S. Cayne, **Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 1**, Jakarta: PT. Ikrar Mandiri Abadi, 1958.

David Bergamini, **Alam Semesta**, Jakarta: Pustaka Life, Tira Pustaka, 1997.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, **Garis-garis Besar Program Pengajaran (GBPP), Kurikulum Sekolah Menengah Umum 1994**, Jakarta, 1993.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, **Soal-soal Evaluasi Tahap Akhir Nasional**.

Halliday, Resnick, **Fisika Jilid 1, 2**, Terjemahan, Erlangga.

Ir. Drs. Hasan Wiladi & Drs. kamajaya, M.Sc., **Fisika untuk SMU Kelas 2 Jilid 2 B**, Grafindo Media Pratama, Jakarta, 1994.

Kanginan, Marten., **Fisika 2000 2A, 2B**, Penerbit Erlangga, 1999.

Mitsubishi, Iwao, **Electronics and Energi (Terjemahan)**, Jakarta: PT. Tira Pustaka, 1982.

Moss, Gl., **Ordinary Levell Practical Physics**, London: Heinemann Educational Books Ltd., 1971.

Surya, Yohanes, **Olimpiade Fisika 2A, 2B, 2C** Jakarta: PT. Primatika Cipta Ilmu, 1997.

Tanudidjaja, Moh. Ma'mur, **Ilmu Pengeatahuan Bumi dan Antariksa Untuk Sekolah Menengah Umum**, Balai Pustaka, 1994.

Young, Hugh D., & Freedman, Roger A., **University Physics, Addison Wesley, New York**: Longman Inc., 2002.