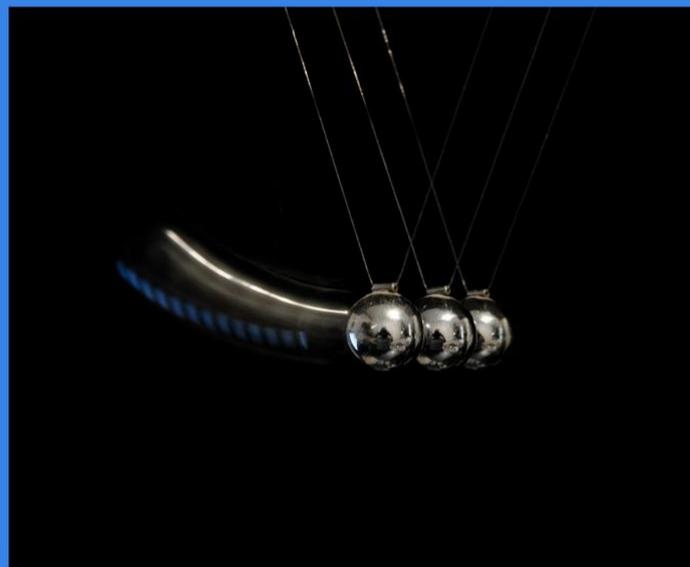


BUKU AJAR

FISIKA DASAR

UNTUK MAHASISWA TEKNOLOGI PANGAN



Disusun oleh:

Safinta Nurindra Rahmadhia, S.Si., M.Sc.



**PRODI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**

2020

Kata Pengantar

Buku ajar fisika dasar ini disusun untuk menunjang pelaksanaan perkuliahan Fisika Dasar di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Ahmad Dahlan. Buku ajar ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami materi perkuliahan sehingga akan memperoleh hasil yang baik dan maksimal.

Penyusunan buku ajar ini didasarkan pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang telah disusun sebelumnya. Dengan demikian mahasiswa dapat lebih mudah dalam mengikuti perkuliahan di kelas.

Buku ajar ini masih dalam proses penyempurnaan. Insya Allah perbaikan akan terus dilakukan demi kesempurnaan buku ajar ini dan disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Semoga buku ajar ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, Maret 2020

Penulis

Daftar isi

HALAMAN JUDUL.....	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI.....	3
BAB I. BESARAN DAN SATUAN.....	4
BAB II. GERAK SATU DIMENSI.....	13
BAB III. DINAMIKA PARTIKEL	24
BAB IV. KERJA DAN ENERGI	40
BAB V. MOMENTUM DAN TUMBUKAN.....	55
BAB VI. KINEMATIKA BENDA TEGAR.....	65

BAB I

BESARAN DAN SATUAN

1.1. Besaran

Ilmu fisika merupakan ilmu yang mempelajari sifat benda dan perubahannya, struktur materi, perubahan alam, serta hubungannya satu sama lain. Besaran merupakan bagian dari ilmu fisika yang sangat penting. Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur dan memiliki nilai. Contoh besaran adalah Panjang, lebar, luas, volume, arus, daya, tegangan, kecepatan, dan lain-lain. Dalam hal ini besaran dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Besaran dasar adalah besaran yang tidak dapat dinyatakan dengan besaran lain yang lebih sederhana, misalnya panjang, massa, waktu, arus listrik, suhu, intensitas cahaya, jumlah mol.
- b. Besaran turunan adalah besaran yang dapat dinyatakan atau diturunkan dari besaran dasar, misalnya kecepatan, percepatan, gaya, momentum, volume, dan lain-lain.

Pemilihan besaran pokok didasarkan atas diskusi oleh para fisikawan terkemuka dunia. Alasan pemilihan besaran pokok diantaranya adalah:

- a. Tujuh besaran tersebut merupakan jumlah paling sedikit yang masih memungkinkan besaran-besaran lain dapat diturunkan. Jika kurang dari tujuh maka ada besaran lain yang tidak dapat diperoleh dari besaran pokok.
- b. Tujuh besaran yang ada dalam Tabel 1.1 dapat diukur dengan ketelitian sangat tinggi. Karena besaran pokok akan menurunkan besaran lain maka besaran-besaran tersebut harus dapat ditentukan dengan sangat teliti.
- c. Besaran massa, panjang, dan waktu telah memiliki sejarah penggunaan yang sangat lama dalam mekanika. Maka dalam penentuan besaran pokok, ketiga besaran tersebut dimasukkan.

Tabel 1.1. Besaran pokok dalam fisika

Besaran Pokok	Penggunaan	Satuan	Simbol	Dimensi
Panjang	Mengukur panjang benda	Meter	m	L
Massa	Mengukur massa atau kandungan materi benda	Kilogram	kg	M
Waktu	Mengukur selang waktu dua peristiwa atau kejadian	Sekon	s	T
Kuat arus	Mengukur arus listrik atau aliran muatan listrik dari suatu tempat ke tempat lain	Ampere	A	I
Suhu	Mengukur seberapa panas suatu benda	Kelvin	K	O
Intensitas Cahaya	Mengukur seberapa terang cahaya yang jatuh pada benda	Candela	cd	J
Jumlah zat	Mengukur jumlah partikel yang terkandung dalam benda	Mol	mol	N

1.2. Pengukuran dan Satuan

Pengukuran merupakan dasar pengujian suatu teori dalam ilmu sains atau sains. Pengukuran menjadi penting untuk dilakukan karena perlu adanya system satuan yang konsisten. Selain itu, adanya ketidakpastian juga menjadi faktor penentu pentingnya pengukuran. Hasil pengukuran tidak akan lengkap jika tidak ada satuan. Nilai pengukuran akan berguna jika dilakukan dalam satuan baku. Satuan baku adalah satuan yang diterima secara umum dan terdefinisi dengan pasti nilainya. Contoh satuan baku untuk pengukuran panjang adalah meter, sentimeter, millimeter, kilometer, kaki, inci, mil, dan

sebagainya. Semua orang di dunia memiliki penafsiran yang sama tentang panjang satu meter, satu millimeter, satu inci, satu kaki, dan sebagainya. Apabila dilaporkan Panjang benda adalah 1,4meter maka semua orang akan memiliki kesimpulan yang sama.

Penggunaan satuan-satuan dalam kaitan antara besaran yang satu dengan besaran yang lain perlu diatur, suatu sistem yang mengatur penggunaan satuan- satuan adalah sistem satuan. Ada 4 (empat) macam sistem satuan, yaitu:

a. Sistem standar

Sistem ini disetujui oleh pemerintah atau yang berwenang dan dapat disebut dengan system statis.

b. Sistem dinamis (MKS dan CGS)

Sistem dinamis disebut juga dengan sistem gaussian dimana dinamakan dengan CGS atau *centimetre gram second*.

c. Sistem Inggris (absolute dan teknik)

Sistem Inggris merupakan system pengukuran dengan satuan yang biasa digunakan oleh masyarakat Inggris dan USA. Contoh satuannya adalah inci, kaki, mil, pon.

d. Sistem Internasional (SI)

Satuan dengan sistem ini merupakan satuan yang disepakati oleh komite internasional dan merupakan system satuan yang digunakan oleh seluruh masyarakat dunia.

Dalam sistem internasional terdapat penamaan untuk bilangan pangkat 10 yang disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Penamaan untuk pangkat 10

Angka	Lambang	Baca	Angka	Lambang	Baca
10^{18}	E	Exa	10^{-3}	M	Milli
10^{15}	P	Peta	10^{-6}	μ	Mikro
10^{12}	T	Tera	10^{-9}	n	Nano
10^9	G	Giga	10^{-12}	p	Piko
10^2	h	Hekta	10^{-15}	f	Femto
10	da	Deka	10^{-18}	A	Atto

1.3. Penetapan satuan SI

1.3.1. Satuan Panjang

Mula-mula satu meter didefinisikan berdasarkan keliling bumi. Ditetapkan bahwa keliling garis bujur bumi yang melalui kota Paris, Prancis ditetapkan memiliki panjang 40.000.000 m. Jadi panjang satu meter sama dengan $1/40.000.000$ keliling garis bujur bumi yang melalui kota Paris. Pada akhir abad ke-19, panjang satu meter didefinisikan ulang. Panjang satu meter ditetapkan sama dengan jarak dua goresan pada batang campuran logam platina dan iridium yang tersimpan di *International Bureau of Weight and Measures* di kota Sevres, Prancis. Logam tersebut disimpan pada kondisi yang dikontrol secara ketat untuk menghindari perubahan dimensi akibat perubahan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, tekanan udara, intensitas cahaya, reaksi kimia, dan sebagainya. Setelah laju cahaya dapat diukur dengan sangat teliti, pada Konferensi Umum Tentang Berat dan Pengukuran ke-17 tahun 1983, panjang satu meter didefinisikan ulang sebagai jarak tempuh cahaya dalam ruang hampa selama $1/299.792.458$ sekon. Ini berarti pula bahwa selama satu sekon cahaya merambat dalam ruang hampa sepanjang 299.792.458 meter.

1.3.2. Satuan massa

Masa standar satu kilogram adalah massa silinder logam yang terbuat dari campuran logam platina dan iridium. Massa standar ini

disimpan dalam kondisi yang dikontrol secara ketat di *International Bureau of Weights and Measures* di kota Sevres, Prancis. Sejak awal penetapan hingga saat ini, definisi massa standar tidak pernah berubah.

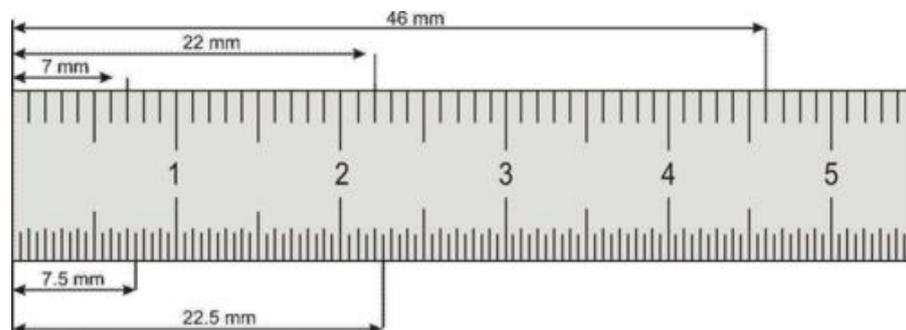
1.3.3. Satuan waktu

Atom Cesium dengan nomor atom 133 (Cesium-133) dipilih sebagai atom standar karena frekuensi gelombang yang dipancarkan dapat dihasilkan dengan mudah dan dapat diukur dengan ketelitian sangat tinggi. Cahaya yang dipancarkan atom Cesium-133 beresilasi sebanyak 9.192.631.770 kali dalam satu sekon. Dengan demikian, satu sekon didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh gelombang yang dipancarkan atom Cesium-133 untuk beresilasi sebanyak 9.192.631.770 kali.

1.4. Alat ukur

1.4.1. Mistar

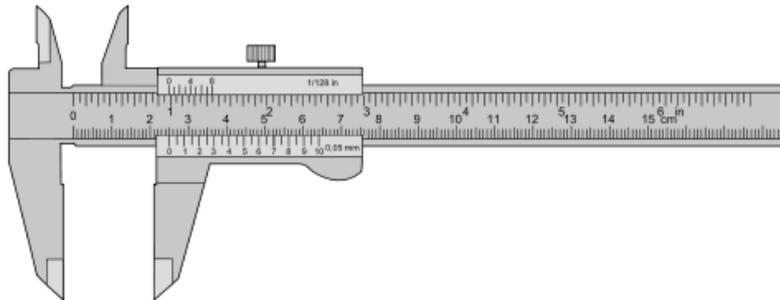
Mistar adalah alat ukur panjang yang cara penggunaannya sangat mudah dan sederhana. Mula-mula tempatkan ujung mistar sejajar dengan ujung benda yang akan diukur. Kemudian nilai panjang benda pada ujung lainnya akan terbaca dengan melihat skala pada mistar yang berhimpitan. Skala terkecil pada mistar adalah 1 mm atau 0,1 cm.



Gambar 1.1. Mistar/penggaris.
Sumber: metrologiindustri.tumblr.com

1.4.2. Jangka sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur panjang yang memiliki ketelitian lebih kecil dari mistar. Skala terkecil jangka sorong yaitu 0,1 mm. Cara penggunaan jangka sorong yaitu mula-mula mengamati nilai terkecil pada skala nonius (skala pada bagian jangka yang bisa digeser). Kemudian mengamati skala utama yang tepat dilewati skala nol nonius dan menentukan skala nonius ke berapa yang tepat berhimpitan dengan skala utama. Selanjutnya menghitung kelebihan panjang yang dinyatakan oleh skala nonius. Panjang benda yang dihitung adalah Panjang yang ditunjukkan skala utama ditambah dengan kelebihan Panjang yang ditunjukkan skala nonius.

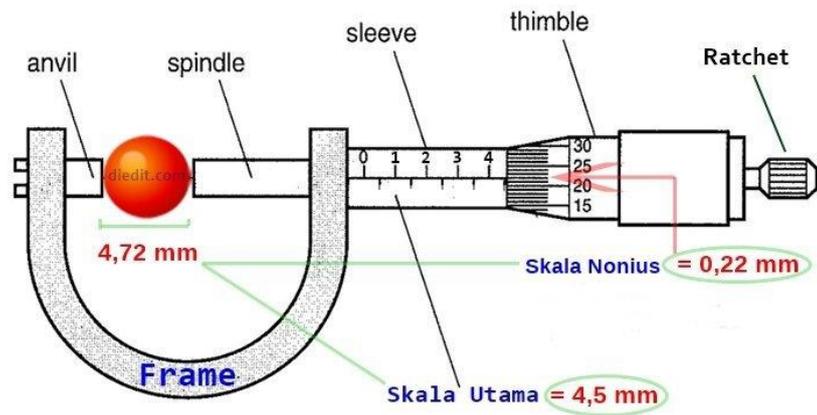


Gambar 1.2. Jangka sorong

Sumber: <https://blogpenemu.blogspot.com>

1.4.3. Mikrometer

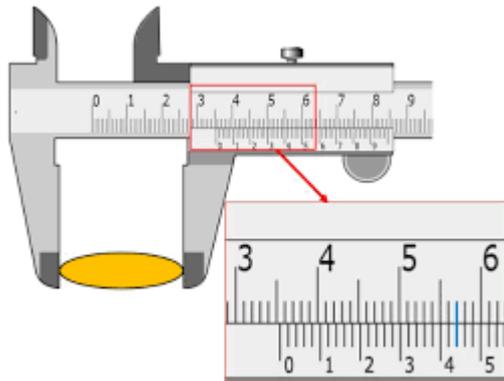
Ketelitian mikrometer lebih baik dibandingkan jangka sorong. Skala terkecil dari mikrometer yaitu 0,01 mm. Namun, jangkauan panjang pengukuran yang dapat dilakukan sangat terbatas. Hasil pengukuran dapat diperoleh dengan membaca dua skala yang ada pada batang mikrometer atau bisa juga dibaca dari jarum penunjuk atau angka digital pada display.



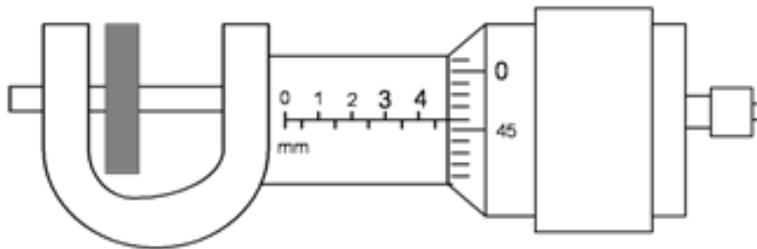
Gambar 1.3. Mikrometer
Sumber: <https://www.diedit.com>

Latihan Soal

1. Bacalah dan tuliskan nilai pada benda yang diukur menggunakan jangka sorong berikut!



2. Bacalah dan tuliskan nilai pada benda yang diukur menggunakan mikrometer sekrup berikut!



3. Tebal satu lembar kertas kurang dari satu millimeter. Anda memiliki penggaris dengan skala terkecil satu millimeter. Anda diminta mengukur tebal selembar kertas dengan menggunakan penggaris tersebut. Dapatkah pengukuran tersebut dilakukan? Jelaskan jawaban anda!
4. Di supermarket satu alat timbang dapat digunakan untuk menentukan harga barang yang dibeli konsumen. Misalkan kita membeli sayur, daging, buah, telur, atau ikan akan ditimbang di alat yang sama dan harga yang harus dibayar keluar dalam bentuk cetakan di stiker. Jelaskan mengapa bisa terjadi demikian!

5. Jelaskan prinsip kerja timbangan seperti pada gambar dibawah ini. Biasanya timbangan ini berada di klinik kesehatan anak atau posyandu (pos pelayanan terpadu).



Lembar Jawaban

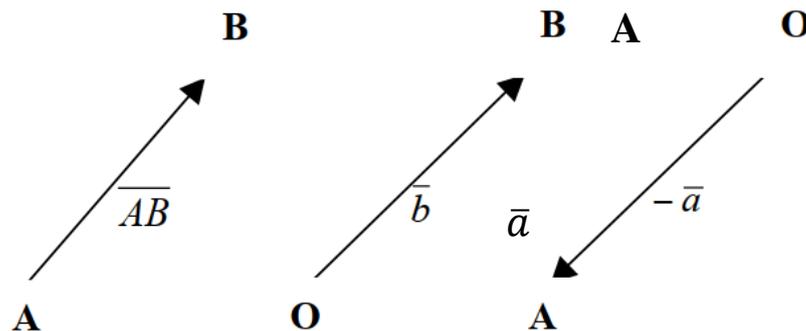
Lembar Jawaban

BAB II

GERAK SATU DIMENSI

2.1. Vektor

Besaran vector merupakan besaran yang menentukan kecepatan, percepatan, gaya, dan momentum. Besaran vector ini memiliki nilai dan arah sedangkan besaran yang hanya memiliki nilai disebut besaran skalar. Contoh besaran scalar adalah suhu, massa, volume, energi, dan lain-lain. Besaran vektor digambarkan dengan garis lurus beranak panah. Panjang garis menyatakan besar vektor dan arah panah menyatakan arah vektor. Vektor dari titik A ke titik B diberi simbol \overline{AB} sedang vektor dari titik pusat koordinat (titik O) ke titik A diberi simbol \vec{a} (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Contoh vector

Sebagai contoh pada Gambar 2.2 jika benda berada pada bidang tiga dimensi dan diproyeksikan dari titik pusat tegak lurus ke arah benda. Jika proyeksi tersebut memotong masing-masing sumbu koordinat pada lokasi x , y , dan z maka dapat dikatakan posisi benda adalah:

$$\vec{r} = \hat{i}x + \hat{j}y + \hat{k}z \quad (2.1)$$

Keterangan:

\vec{r} = vektor yang pangkalnya di pusat koordinat dan ujungnya di posisi benda

x = komponen vektor \vec{r} dalam arah sumbu x

y = komponen vektor \vec{r} dalam arah sumbu y

z = komponen vektor \vec{r} dalam arah sumbu z

\hat{i} = vektor satuan yang searah dengan sumbu x

\hat{j} = vektor satuan yang searah dengan sumbu y

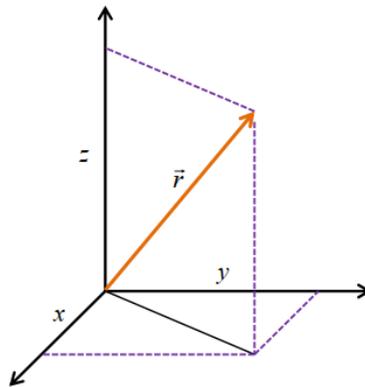
\hat{k} = vektor satuan yang searah dengan sumbu z

Dalam hal ini vector satuan merupakan vector yang bernilai satu atau panjangnya satu. Dapat dituliskan sebagai berikut:

$$|\hat{i}| = 1$$

$$|\hat{j}| = 1$$

$$|\hat{k}| = 1$$



Gambar 2.2. Contoh vektor dalam koordinat tiga dimensi

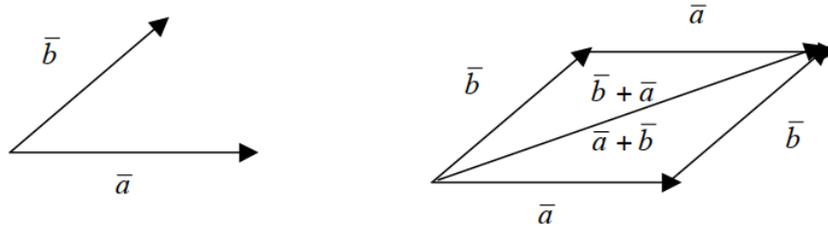
3.8.1. Penjumlahan vektor

Suatu partikel bergerak dengan lintasan lengkung dari titik A ke B, kemudian bergerak dengan lintasan lengkung dari B ke C. Hasilnya partikel berpindah dari A ke C merupakan resultan perpindahan dari A ke B dan perpindahan dari B ke C. Perpindahan semacam ini tidak dapat dijumlahkan secara aljabar biasa melainkan dengan dijumlahkan secara vektor.

Jika dua vektor akan dijumlahkan, misal vektor \vec{a} dan vektor \vec{b} , maka penjumlahan tersebut dapat dilakukan dengan cara vector \vec{b} digeser

sejajar dengan dirinya hingga pangkal vektor \vec{b} berimpit dengan ujung \vec{a} , vektor $\vec{a} + \vec{b}$ adalah vektor dari pangkal \vec{a} ke ujung vektor \vec{b} pindahan atau vektor \vec{a} digeser sejajar dengan dirinya hingga pangkal \vec{a} berimpit dengan ujung \vec{b} , vektor $\vec{b} + \vec{a}$ adalah vektor dari pangkal \vec{b} ke ujung \vec{a} pindahan (Gambar 2.3). Persamaan penjumlahan vector dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a} \quad (2.2)$$

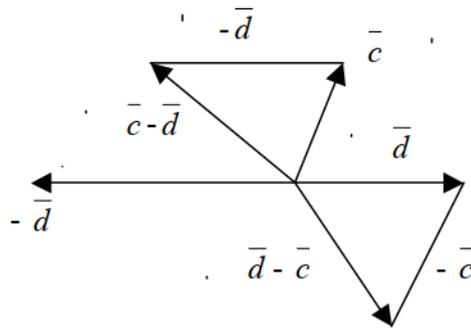


Gambar 2.3. Penjumlahan vektor

3.8.2. Pengurangan vektor

Dua vektor \vec{a} dan vektor \vec{b} yang memiliki nilai sama dan arahnya berlawanan, maka vektor \vec{a} dinamakan vector negatif dari vektor \vec{b} atau sebaliknya. Pada prinsipnya pengurangan vektor adalah penjumlahan vector dengan vector negatifnya.

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}) \quad (2.3)$$



Gambar 2.4. Pengurangan vektor

3.8.3. Perkalian vektor

Sebagaimana besaran-besaran scalar, besaran-besaran vektor juga dapat dikalikan untuk mendapatkan besaran fisika dengan dimensi lain. Karena besaran vektor mempunyai arah, maka perkalian vektor tidak dapat dilakukan dengan menggunakan aturan-aturan aljabar biasa. Ada tiga macam perkalian vector:

- a. Perkalian vektor dengan scalar
- b. Perkalian scalar dari dua vector
- c. Perkalian vektor dari dua vector

Suatu vector yang dikalikan dengan scalar adalah vector. Vektor \vec{a} dikalikan dengan n (besaran skalar) maka akan sama dengan $n\vec{a}$ dan arahnya akan menyesuaikan dengan arah vektor \vec{a} bila nilai n positif atau berlawanan arah jika nilai n negatif.

$$n\vec{a} = \vec{a}n \quad (2.3)$$

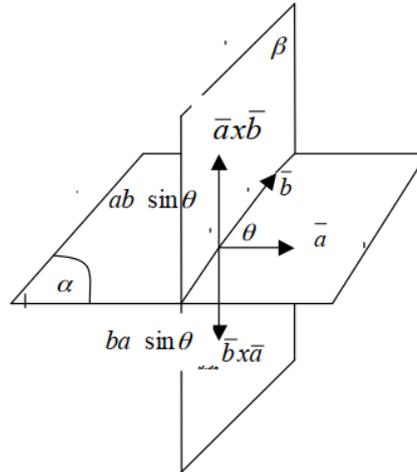
Perkalian skalar dari dua vektor juga dikenal dengan nama perkalian titik dari dua vektor. Perkalian skalar dari dua vektor \vec{a} dan vektor \vec{b} , ditulis $\vec{a} \cdot \vec{b}$, hasilnya adalah skalar.

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta \quad (2.3)$$

Keterangan:

θ = sudut antara vektor \vec{a} dan vektor \vec{b}

Perkalian vektor dari dua vektor dikenal dengan perkalian silang dari dua vector. Gambar 2.5 menunjukkan ilustrasi perkalian antar dua vector.



Gambar 2.5. Perkalian antar dua vector

$a \times b$ adalah vektor yang besarnya $ab \sin \theta$ arahnya adalah arah maju skrup kanan bila diputar dari arah vektor a ke arah vektor b melalui sudut terkecil. Pada Gambar 2.5 vektor a dalam bidang (α), sedang vector b berimpit dengan perpotongan bidang alpha (α) dan bidang beta (β) saling tegak lurus, sedang vector $a \times b$ terdapat dalam bidang, besar vector dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\vec{a} \times \vec{b} = ab \sin \theta \quad (2.4)$$

Dengan memperhatikan definisi $a \times b$, maka bersifat anti komutatif. Sehingga didapatkan persamaan 2.5.

$$\vec{a} \times \vec{b} = -(\vec{b} \times \vec{a}) \quad (2.5)$$

2.2. Kelajuan

Kelajuan rata-rata partikel diartikan sebagai perbandingan jarak total yang ditempuh terhadap waktu total yang dibutuhkan. Kelajuan rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{x}{t} \quad (2.6)$$

Keterangan:

V = kelajuan rata-rata (m/s)

x = jarak total (m)

t = waktu total (s)

Contoh soal:

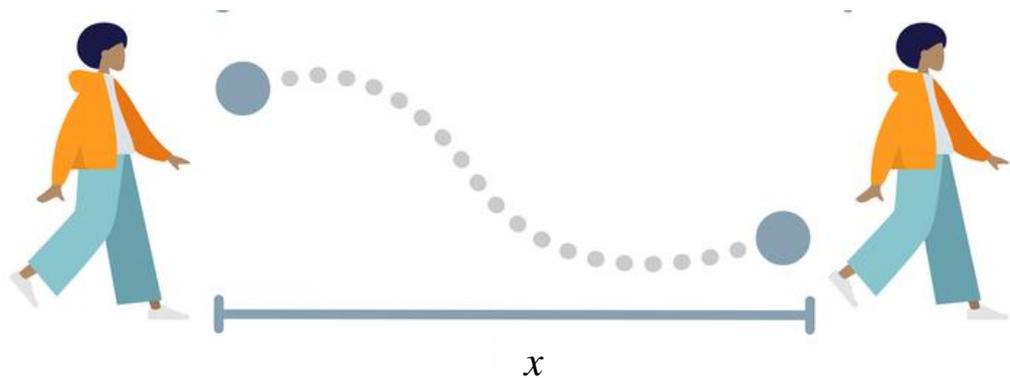
Seorang pedagang menempuh perjalanan sejauh 200 km untuk menuju ke pasar. Waktu yang ditempuh selama 5 jam. Maka tentukanlah kelajuannya!

$$\begin{aligned} V &= \frac{x}{t} \\ V &= \frac{200 \text{ km}}{5 \text{ jam}} \\ V &= 40 \frac{\text{km}}{\text{jam}} \\ V &= \frac{40.000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \\ V &= 11,11 \text{ m/s} \end{aligned}$$

2.3. Perpindahan

Perpindahan partikel didefinisikan sebagai perubahan posisi partikel dari satu posisi ke posisi yang lainnya. Perpindahan partikel dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (2.7)$$



Gambar 2.6. Perpindahan partikel

2.4. Kecepatan

Kecepatan adalah laju perubahan posisi. Kecepatan rata-rata diartikan sebagai perbandingan antara perpindahan dan selang waktu. Persamaan kecepatan rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2.8)$$

Perpindahan dan kecepatan rata-rata dapat bernilai positif atau negatif. Nilai negatif menunjukkan perpindahan dan kecepatan bergerak ke kiri dan jika bernilai positif maka pergerakannya ke kanan.

Contoh soal:

Sebuah truk pengangkut ikan berada di $x_1 = 18$ m pada $t_1 = 2$ s dan kemudian truk tersebut berada di $x_2 = 14$ m pada $t_2 = 7$ s. Berapa perpindahan dan kecepatan rata-rata truk untuk selang waktu tersebut?

- $\Delta x = x_2 - x_1$
 $\Delta x = 14 \text{ m} - 18 \text{ m}$
 $\Delta x = -4 \text{ m}$
- $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$
 $\bar{v} = \frac{-4 \text{ m}}{7 \text{ s} - 2 \text{ s}}$
 $\bar{v} = \frac{-4 \text{ m}}{5 \text{ s}}$
 $\bar{v} = -0,8 \text{ m/s}$
- Perpindahan dan kecepatan yang bernilai negatif menunjukkan bahwa truk bergerak ke kiri.

2.5. Percepatan

Percepatan adalah perubahan kecepatan untuk selang waktu tertentu. Percepatan sesaat adalah limit rasio $\Delta v/\Delta t$ dengan Δt mendekati nol. Jika digambarkan grafik kecepatan versus waktu, percepatan sesaat pada saat t didefinisikan sebagai kemiringan garis yang menyinggung kurva pada saat itu.

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$a =$ kemiringan garis yang menyinggungkurva v terhadap t
 (2.9)

Contoh soal:

Sebuah mobil dapat dipercepat dari 0 sampai 90 km/jam dalam 5 s. Berapakah percepatan rata-rata selama periode ini?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a = \frac{90 \text{ km/jam}}{5 \text{ s}}$$
$$a = 18 \frac{\text{km}}{\text{jam}} \cdot \text{s}$$
$$a = 5 \text{ m/s}^2$$

Latihan Soal

1. Kecepatan awal sebuah truk pengangkut ikan adalah 50 km/jam. Ikan yang dibawa oleh truk tersebut akan dijual di pasar dalam waktu satu jam sejak truk tersebut berangkat. Kecepatan truk dipercepat dengan laju pertambahan konstan sebesar 10 km/jam. Hitunglah kecepatan truk ketika waktunya 4 s!
2. Berapakah jarak yang ditempuh sebuah mobil dalam 5 menit jika kecepatan rata-ratanya selama selang waktu ini adalah 80 km/jam?
3. Seorang pelari berlari dengan kecepatan rata-rata 0,25 km/menit sepanjang garis lurus. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk lari sejauh 10 km?
4. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 45 km/jam pada saat $t=0$. Mobil dipercepat dengan laju pertambahan konstan 10 km/jam.s. Berapa kecepatannya pada $t=2s$?
5. Posisi batu yang dijatuhkan dari keadaan diam di sebuah jurang dinyatakan oleh persamaan $x=5t^2$, dengan x dalam meter diukur ke bawah dari posisi asal pada $t=0$, dan t dalam sekon. Carilah kecepatan setiap saat!

Lembar Jawaban

Lembar Jawaban

BAB III

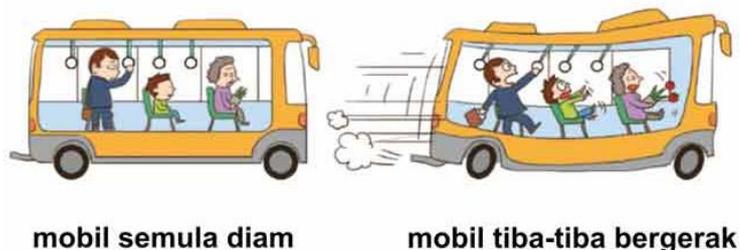
DINAMIKA PARTIKEL

3.1. Hukum Pertama Newton

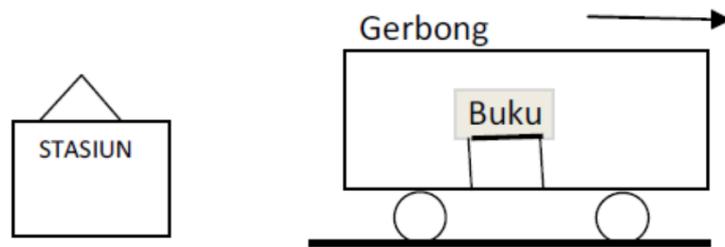
Hukum 1 Newton berbunyi: *Semua benda cenderung mempertahankan keadaannya*: benda yang diam tetap diam dan benda yang bergerak, tetap bergerak dengan kecepatan konstan.

Hukum Newton ini dikenal pula sebagai hukum inersia atau kelembaman, yaitu keberadaan besaran yang dinamai massa. Karena sifat kelembaman ini maka benda cenderung mempertahankan keadaan geraknya. Keadaan gerak direpresentasikan oleh kecepatan. Jadi, sifat kelembaman mengukur kecenderungan benda mempertahankan kecepatannya. Makin besar kelembaman yang dimiliki benda maka makin kuat benda mempertahankan sifat kelembamannya. Atau diperlukan pengganggu yang lebih besar untuk mengubah kecepatan benda. Makin besar massa maka benda makin lembam. Itulah penyebabnya bahwa kita sangat sulit mendorong benda yang memiliki massa lebih besar daripada benda yang memiliki massa lebih kecil.

Dalam hukum ini terkandung pula pernyataan tentang kerangka acuan. Pada umumnya, suatu benda diam atau bergerak tergantung pada kerangka acuan yang dipakai. Seseorang yang duduk di dalam gerbong kereta api menyatakan bahwa teman duduk di sebelahnya dalam keadaan diam. Tetapi orang yang berdiri di luar berpendapat bahwa mereka berdua bergerak bersama.



Gambar 3.1. Ilustrasi hukum 1 newton



Gambar 3.2. Gerak suatu benda relative terhadap benda lain

3.2. Gaya dan Massa

Hukum pertama dan kedua Newton dapat dianggap sebagai definisi gaya. Gaya adalah suatu pengaruh pada suatu benda yang menyebabkan benda mengubah kecepatannya. Besarnya gaya adalah hasil kali massa benda dan besarnya percepatan yang dihasilkan gaya itu. Arah gaya adalah arah percepatan yang disebabkan jika gaya itu adalah satu-satunya gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Massa adalah sifat intrinsik sebuah benda yang mengukur resistansinya terhadap percepatan dan tidak bergantung pada lokasi benda. Artinya, massa sebuah benda tetap sama ketika benda tersebut berada di bumi maupun di luar angkasa.

3.3. Gaya Berat

Gaya yang paling umum dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah gaya tarikan gravitasi bumi pada sebuah benda. gaya tersebut dinamakan gaya berat (w). gaya berat merupakan perkalian antara massa dengan percepatan gravitasi. Penggambaran vector gaya berat dimulai dari pusat massa benda. Gaya berat selalu mengarah ke pusat bumi.

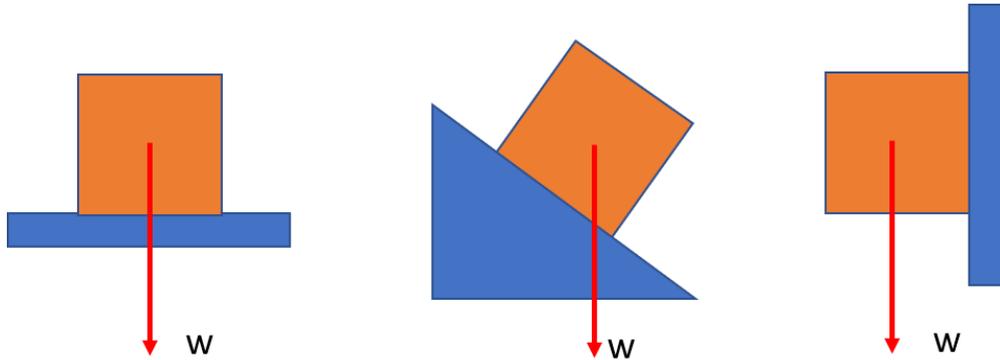
$$w = m \times g$$

Keterangan:

w = gaya berat (N)

m = massa (kg)

g = gaya gravitasi (9,81 N/kg atau 9,81 m/s²)



Gambar 3.3. Ilustrasi gaya berat

Contoh soal:

Sebuah kelapa mempunyai massa 2 kg. Berapakah berat kelapa, jika percepatan gravitasi di tempat itu 9,8 m/s²?

$$w = m \times g$$

$$w = 2 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$w = 19,6 \text{ N}$$

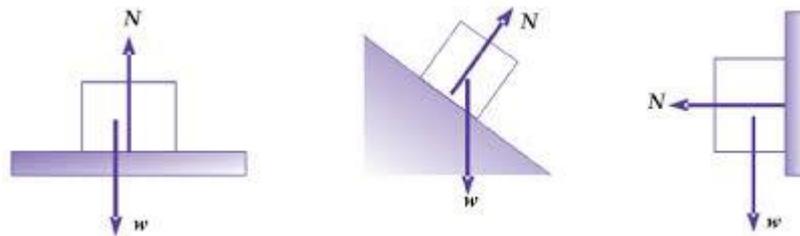
3.4. Gaya Normal

Gaya normal merupakan gaya yang tegak lurus terhadap bidang. Jika benda berada pada bidang datar, maka besarnya gaya normal akan sama dengan gaya berat. Benda yang berada di atas meja tidak jatuh ke bumi disebabkan karena meja memberikan gaya tegak lurus meja yang arahnya ke atas pada benda tersebut. Gaya yang diberikan meja ini disebut gaya normal (N). Yang perlu kalian perhatikan, gaya normal dan gaya berat benda bekerja pada benda yang sama. Jadi, kedua gaya ini tidak bisa saling menghilangkan.

$$N = w = m \times g$$

Keterangan:

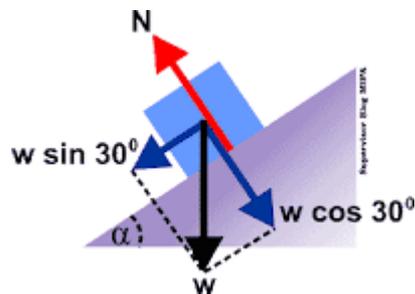
N = gaya normal (N)



Gambar 3.4. Ilustrasi gaya normal

Contoh soal:

Sebuah balok bermassa 5 kg. jika $g = 10 \text{ m/s}^2$ maka tentukan gaya normal yang bekerja pada balok jika diam di atas bidang miring yang membentuk sudut 30° terhadap horisontal.



$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ N - w \cos \alpha &= 0 \\ N - w \cos 30^\circ &= 0 \\ N - 50 \times \frac{1}{2}\sqrt{3} &= 0 \\ N &= 25\sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$

3.5. Gaya Gesek

Bila permukaan suatu benda bergeser pada permukaan lain, masing-masing mengerjakan gaya gesek sejajar permukaan. Gaya gesek pada masing-masing benda arahnya selalu melawan arah gerakan benda tersebut. Sekalipun tidak ada gerakan, gaya gesek tersebut dapat terjadi pada permukaan.

Ketika benda masih dalam keadaan diam, padanya bekerja gaya gesek statis (F_s). Gaya gesek statis maksimum sama besar dengan gaya terkecil yang diperlukan untuk mulai menggerakkan benda. Begitu bergerak gaya gesek yang bekerja diantaranya permukaan mengecil, sehingga untuk menjaga kecepatan konstan. Gaya gesek yang bekerja ini disebut gaya gesek kinetis (F_k), besar gaya-gaya gesek ini sebanding dengan gaya normal yang bekerja.

$$F_k = \mu_k \times N$$

$$F_s = \mu_s \times N$$

Keterangan:

F_k = gaya gesek kinetis (N)

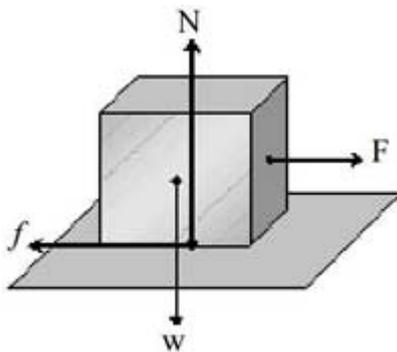
F_s = gaya gesek statis (N)

μ_k = koefisien gesek kinetis

μ_s = koefisien gesek statis

Contoh soal:

Sebuah balok bermassa 20 kg berada di atas lantai mendatar kasar. $\mu_s = 0,6$ dan $\mu_k = 0,3$. Kemudian balok ditarik gaya sebesar F mendatar. $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan gaya gesek yang dirasakan balok dan percepatan balok jika $F=100\text{N}$.



$$N = w = m \times g$$

$$N = w = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$N = w = 200N$$

Pengaruh gaya F dapat diketahui dengan menghitung dahulu gaya gesek statis yang bekerja pada balok, yaitu sebagai berikut:

$$F_s = \mu_s \times N$$

$$F_s = 0,6 \times 200N$$

$$F_s = 120N$$

Jika $F = 100 \text{ N}$

Karena $F < F_s$ maka balok masih tetap diam sehingga berlaku Hukum 1 Newton yaitu sebagai berikut:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - f = 0$$

$$f = F$$

$$f = 100N$$

Karena benda diam, maka $a = 0$

Jadi, gaya gesek dan percepatan balok sebesar 100 N dan 0 m/s².

3.6.Hukum 2 Newton

Hukum I Newton baru mendefinisikan besaran yang bernama massa, tetapi belum membahas penyebab benda bergerak atau berhenti. Hukum II Newton menjelaskan perubahan keadaan gerak benda. Hukum ini menyatakan bahwa benda dapat diubah keadaan geraknya jika pada benda bekerja gaya. Gaya yang bekerja berkaitan langsung dengan perubahan keadaan gerak benda. Besarnya perubahan keadaan gerak sama dengan gaya yang diberikan kepada benda.

Hukum kedua Newton berbunyi *percepatan sebuah benda berbanding terbalik dengan massanya dan sebanding dengan resultan gaya*. Di dalam Bahasa sehari-hari yang dimaksudkan dengan gaya adalah sesuatu yang

berhubungan dengan mendorong atau menarik yang mungkin kita kerjakan dengan otot-otot lengan kita. Dari pengalaman diketahui bahwa gerakan suatu benda adalah hasil dari interaksinya dengan benda-benda di sekelilingnya. Misalnya Gerakan elektron mengelilingi inti adalah hasil interaksinya dengan inti itu sendiri atau sekitarnya. Interaksi-interaksi ini dikenal sebagai konsep yang disebut gaya. Dinamika pada dasarnya adalah analisis yang ada antara gaya dan perubahan gerak dari suatu benda. Secara matematis hukum kedua Newton dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\vec{F} = m \times \vec{a}$$

Keterangan:

F = gaya yang bekerja pada benda (N)

m = massa (kg)

a = percepatan (m/s^2)

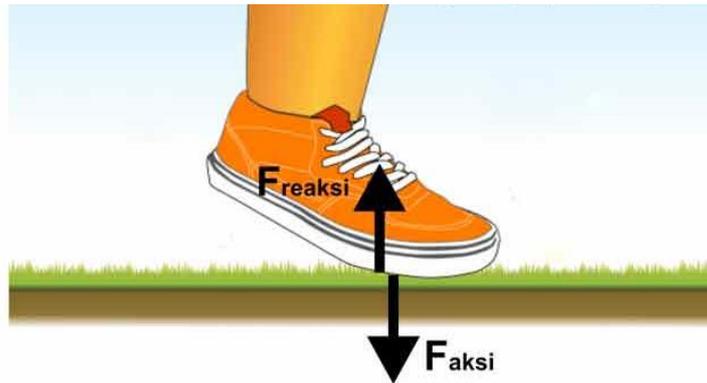
Bila ada n gaya yang bekerja pada suatu benda, maka bisa dituliskan:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \times \vec{a}$$

3.7.Hukum 3 Newton

Hukum ini mengungkapkan keberadaan gaya reaksi yang sama besar dengan gaya aksi, tetapi berlawanan arah. Jika benda pertama melakukan gaya pada benda kedua (gaya aksi), maka benda kedua melakukan gaya yang sama besar pada benda pertama tetapi arahnya berlawanan (gaya reaksi).

Jika kamu mendorong dinding dengan tangan, maka pada saat bersamaan dinding mendorong tanganmu dengan gaya yang sama tetapi berlawanan arah. Bumi menarik tubuh kamu dengan gaya yang sama dengan berat tubuhmu, maka pada saat bersamaan tubuh kamu juga menarik bumi dengan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.

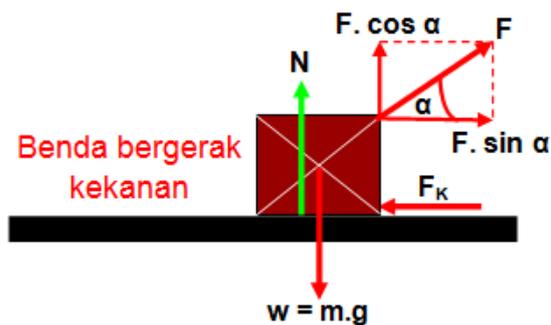


Gambar 3.5. Ilustrasi hukum 3 newton

3.8.Penerapan Hukum Newton

3.8.1. Bidang datar

Benda bermassa m di atas bidang datar yang licin ditarik dengan gaya F .



Gambar 3.6. Benda yang ditarik pada bidang datar

Pada Gambar 3.6, kita bisa mengelompokkan gaya-gaya yang terjadi pada sumbu x dan y sebagai berikut:

Gaya pada sumbu x:

$$\sum F_x = m \times a$$

$$F \sin \alpha - F_x = m \times a$$

$$F \sin \alpha - (\mu_k \cdot N) = m \times a$$

$$F \sin \alpha - (\mu_k \cdot m \cdot g) = m \times a$$

Gaya pada sumbu y:

$$\sum F_y = 0$$

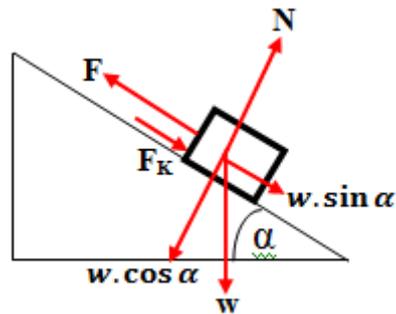
$$N = w = m \times g$$

Percepatan:

$$a = \frac{F \sin \alpha - (\mu_k \cdot m \cdot g)}{m}$$

3.8.2. Bidang miring

Benda bermassa m di atas bidang miring yang licin ditarik ke atas dengan gaya F .



Gambar 3.7. Benda yang ditarik pada bidang miring

Pada Gambar 3.7, kita bisa mengelompokkan gaya-gaya yang terjadi pada sumbu x dan y sebagai berikut:

Gaya pada sumbu x:

$$\sum F_x = m \times a$$

$$F - (F_k + w \sin \alpha) = m \times a$$

$$F - (\mu_k \cdot N + w \sin \alpha) = m \times a$$

$$F - (\mu_k \cdot w \cos \alpha + w \sin \alpha) = m \times a$$

Gaya pada sumbu y:

$$\sum F_y = 0$$

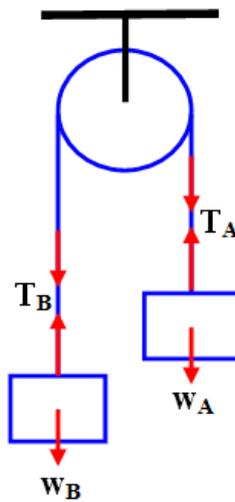
$$N = w \cos \alpha$$

Percepatan:

$$a = \frac{F - w(\mu_k \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{m}$$

3.8.3. Katrol

Dua benda bermassa m di atas katrol ditarik ke atas atau ke bawah dengan gaya F .



Gambar 3.8. Benda yang ditarik pada katrol

Pada Gambar 3.8, kita bisa mengelompokkan gaya-gaya yang terjadi pada benda A dan B sebagai berikut:

Gaya pada benda A:

$$\sum F_y = m_A \times a$$

$$T_A - w_A = m_A \times a$$

$$T_A = w_A + (m_A \times a)$$

Gaya pada benda B:

$$\sum F_y = m_B \times a$$

$$w_B - T_B = m_B \times a$$

$$T_B = w_B - (m_B \times a)$$

Substitusi persamaan:

$$T_A = T_B$$

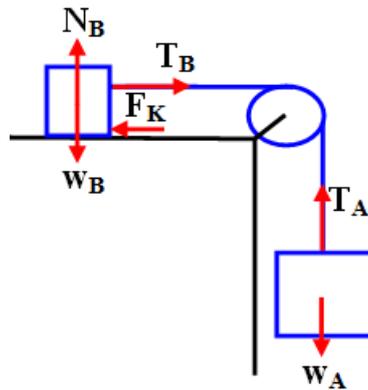
$$w_A + (m_A \times a) = w_B - (m_B \times a)$$

$$w_B - w_A = (m_A + m_B)a$$

Percepatan:

$$a = \frac{w_B - w_A}{m_A + m_B}$$

Jika dua benda dihubungkan pada katrol yang diletakkan di meja, maka berlaku persamaan berikut:



Gambar 3.9. Benda yang ditarik pada katrol di atas meja

Gaya pada benda A:

$$\sum F_y = m_A \times a$$

$$w_A - T_A = m_A \times a$$

$$T_A = w_A - (m_A \times a)$$

Gaya pada benda B:

$$\sum F_x = m_B \times a$$

$$T_B - F_B = m_B \times a$$

$$T_B = F_k + (m_B \times a)$$

$$T_B = \mu_k \cdot N_B + (m_B \times a)$$

$$T_B = \mu_k \cdot m_B \cdot g + (m_B \times a)$$

$$T_B = (\mu_k \cdot g + a)m_B$$

$$\sum F_y = 0$$

$$w_B - N_B = 0$$

$$N_B = w_B = m_B \times g$$

Substitusi persamaan:

$$T_A = T_B$$

$$w_A - (m_A \times a) = (\mu_k \cdot g + a)m_B$$

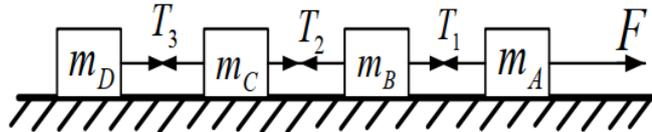
$$(m_A + m_B)a = (m_A - \mu_k \cdot m_B)g$$

Percepatan:

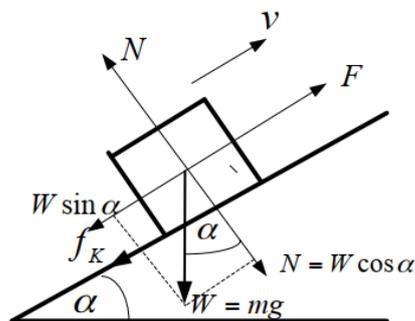
$$a = \frac{m_A - \mu_k \cdot m_B}{m_A + m_B} g$$

Latihan Soal

1. Benda A, B, C, dan D saling terangkai seperti pada gambar di bawah ini mempunyai massa 18 kg, 15 kg, dan 10 kg dan 7 kg. suatu gaya F dikerjakan pada benda A. Lantai licin sempurna dengan percepatan $a = 2,5 \text{ m/s}^2$. Tentukan gaya yang dialami system dan tegangan tali masing-masing!



2. Suatu benda bermassa $m = 1,2 \text{ kg}$, berada pada bidang miring yang membuat sudut $\alpha = 30^\circ$ dengan bidang datar. Berapa besar gaya yang diberikan agar benda bergerak ke atas? untuk benda bergerak beraturan dengan percepatan konstan $a = 0,30 \text{ m/s}^2$. Koefisien gesekan kinetis dengan bidang $\mu_k = 0,40$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.



3. Seorang astronaut ketika ditimbang di bumi beratnya 588 N. Berapakah berat astronot tersebut jika ditimbang di bulan yang mempunyai percepatan gravitasi $1/6$ kali gravitasi bumi?
4. Suatu benda bermassa $m = 1,6 \text{ kg}$ mula-mula diam, kemudian ditarik dengan gaya sebesar $F = 20 \text{ N}$, berada pada bidang miring yang membuat sudut $\alpha = 60^\circ$ dengan bidang datar. Benda dianggap bergerak beraturan dengan percepatan konstan, koefisien gesekan kinetis dengan bidang $\mu_k = 0,2$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Hitunglah gaya gesek yang terjadi pada system dan jarak yang ditempuh selama 3 detik!

5. Dari gambar dibawah ini, jika diketahui $m_1 = 10\text{kg}$ dan $m_2 = 8\text{kg}$ permukaan horizontal licin sempurna (tidak ada gaya gesek). Hitunglah percepatan balok dalam system dan hitunglah tegangan talinya!

