

MODUL I

PERKEMBANGAN TEORI-TEORI FISIKA

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat mengetahui tentang perkembangan teori-teori Fisika

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat mengetahui tentang asal mula ilmu Fisika
- Dapat mengetahui hubungan antara sains dan kreativitas
- Dapat mengetahui tentang pembagian ilmu Fisika

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

1.1 Pendahuluan

Fisika adalah ilmu yang paling mendasar dari semua cabang sains fisika yang berhubungan dengan perilaku dan struktur materi ilmu yang mempelajari bagian – bagian dari alam dan interaksi di dalam.

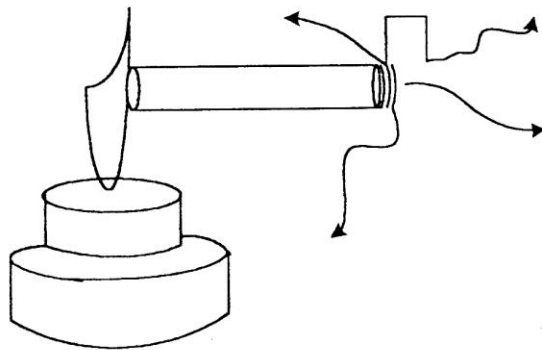
Pada abad ke 20, fisika telah mengalami perkembangan pesat sekali. Dampak perkembangan fisika telah dapat kita rasakan yaitu berupa perkembangan teknologi mutakhir, misalnya teknologi laser, semi konduktor, super konduktor, nuklir telah membuat revolusi besar dalam sejarah kehidupan manusia.

Fisika telah menguak tabir misteri di alam ini, misalnya dahulu orang menganggap panas adalah sebuah misteri, tidak di ketahui penyebabnya

tetapi setelah ditemukan teori atom orang mengerti bahwa panas itu sebenarnya akibat gerakan dan tumbukan atom-atom. Teori tentu atom ini berhasil menyatukan 2 konsep fisika berbeda yaitu konsep panas dan konsep gerak.

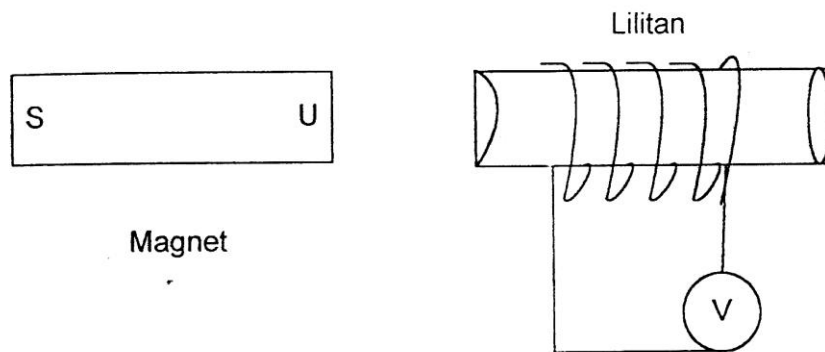
Hal yang sama terjadi juga dengan listrik dan magnet. Dahulu orang tidak mengerti apa hubungannya antara medan magnet dan medan listrik. Tetapi dengan diketemukannya teori elektromagnetik oleh Maxwell dan orang mengerti bahwa kedua medan ini hakekatnya satu. Medan listrik dapat di timbulkan oleh medan magnet demikian sebaliknya.

Penemuan teori elektromagnetik ini juga telah membuka tabir penyebab keberadaan cahaya dan gelombang sinar X, radio, TV yang bermanfaat dalam teori modern.



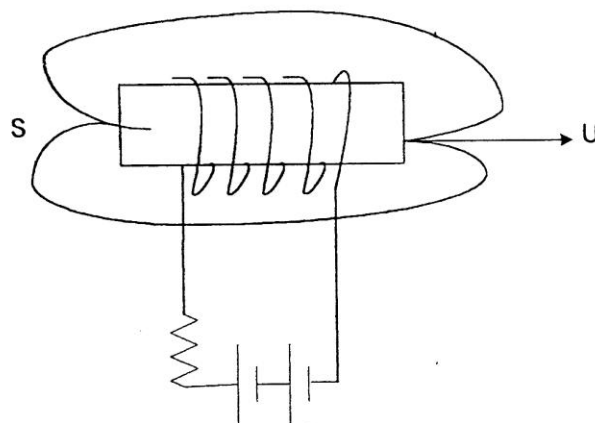
Gambar 1.1 a

Gerakan atom aliran panas.



Gambar 1.1 b

Medan listrik ditimbulkan oleh medan magnet.



Gambar 1.1. c

Medan magnet ditimbulkan oleh arus listrik.

Akhir-akhir ini perhatian fisika modern tertuju pada gerak (partikel pengembangan inti atom). Saat ini para fisikawan sedang berusaha memahami bagaimana quark-quark ini berintraksi berbentuk materi.

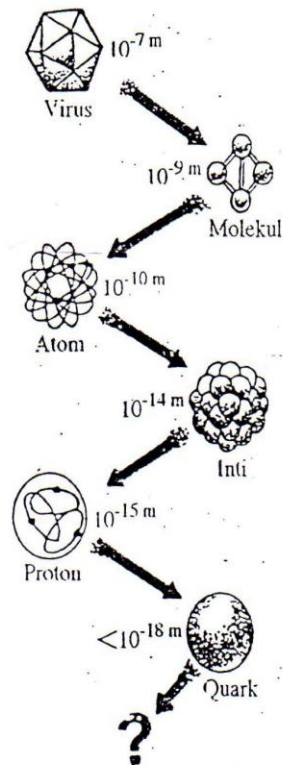
1.2 Sains dan kreativitas

Salah satu aspek terpenting dalam sains adalah pengamatan terhadap peristiwa. Namun pengamatan memerlukan imajinasi, karena para ilmuwan tidak akan pernah dapat memasuki segala-galanya dalam deskripsi tentang apa yang mereka amati.

Dengan demikian, para ilmuwan harus membuat contoh, mari kita lihat bagaimana dua pemikir besar, **Aristoteles (384-322 SM)** dan **Galileo (1564-1642)**, menafsirkan gerak sepanjang suatu permukaan horizontal. Aristoteles melihat bahwa benda-benda yang di beri dorongan awal di atas tanah (atau di atas sebuah meja) selalu bergerak semakin lambat dan kemudian berhenti. Sebagai akibatnya, Aristoteles mempercayai bahwa keadaan alamiah sebuah benda adalah selalu pada keadaan diam. Galileo dalam tinjauan ulangnya tentang gerak horizontal pada awal 1600-an, lebih memilih mempelajari kasus gerak ideal yang bebas hambatan. Galileo membayangkan bahwa jika gesekan dapat dihilangkan, sebuah benda yang di berikan gerakan awal sepanjang suatu permukaan bidang horizontal akan bergerak terus menerus tanpa henti. Dia menyimpulkan bahwa untuk sebuah benda dalam keadaan gerak adalah sama alamiahnya dengan berada dlm keadaan diam. Dengan menemukan sebuah pendekatan baru, Galileo membangun pandangan modern kita tentang gerak (lebih rinci dlm bab 2,3,dan 4) dan dia mengerjakannya dgn lompatan imajinasi.

Perkembangan pengetahuan para ahli Fisika tentang Partikel terkecil dapat digambarkan

sebagai berikut



Perkembangan gambaran tentang bagian terkecil dari materi.

Dengan Fisika klasik kita bisa menjelaskan banyak fenomena alam yang kita bisa lihat dan kita rasakan. disekitar kita misalnya terjadinya angin, panas, rambatan bunyi, pelangi, arus listrik dan lain-lain.

Fisika modern yang muncul pada awal abad ke-20 dengan mengembangkan teori yang berhubungan dengan fenomena-fenomena yang tidak dapat diterangkan oleh fisika klasik.

Dua buah teori fisika modern yang sangat terkenal dan sangat penting adalah Teori Relativistik Einstein dan teori Mekanik Kuantum.

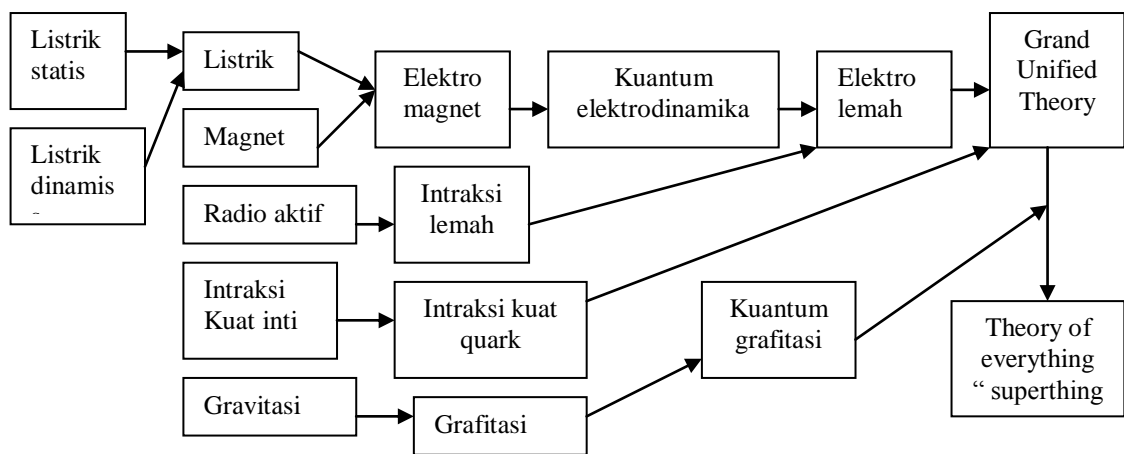
Teori Relativistik dapat menjelaskan gerakan benda yang berkecepatan mendekati cahaya serta dapat menerangkan ketaraan hubungan massa dan energi. Sedang mekanika kuantum dapat menerangkan fenomena Fisika pada level atom (skala sangat kecil).

Jika konsep panas dan listrik dapat disatukan, listrik, magnet dan cahaya juga dapat disatukan, mungkinkah gejala di alam ini dapat diterangkan dengan satu teori saja? Pertanyaan ini saat ini mengusik para fisikawan.

Pada tahun 1978 Steven Weinberg menciptakan sebuah teori yang menggabungkan teori elektromagnetik dan teori lemah (Weak Interaction) yang berhubungan erat dengan radioaktivitas. Teori gabungan ini dinamakan teori listrik lemah (Elektroweak).

Sukses teori Elektroweak ini membuat fisikawan semakin bernafsu untuk menggabungkan teori elektroweak dengan elektro kuat (Strong Interaction) yang melukiskan interaksi di antara inti atom (neutron dan proton) orang menamakannya sebagai teori gabungan "Grand Unified Theory".

Para fisikawan berharap pada suatu saat nanti "Grand Unified Theory" dapat digabungkan dengan teori gravitasi menjadi teori baru "Theory of Everything" teori gabungan inilah membantu kita lebih banyak memahami misteri di alam semesta ini.



Teori tidak pernah diturunkankan secara langsung dari pengamatan, teori diciptakan untuk menerangkan pengamatan. Teori merupakan inspirasi yang hadir dalam akal pikiran umat manusia, misalnya gagasan bahwa materi tersusun dari atom-atom (teori atom) tidak muncul pada seseorang hanya karena orang itu menyaksikan atom. Tapi agaknya, karena suatu gagasan yang berasal dari pikiran kreatif. Teori relativitas, teori elektromagnetik tentang cahaya, dan hukum newton tentang gravitasi universal juga merupakan imajinasi manusia.

Teori-teori besar sains dapat dibandingkan sebagai pencapaian kreatif, dalam karya-karya besar seni dan sastra. Namun bagaimana sains berbeda dari kegiatan kreatif ini ? Satu perbedaan penting adalah sains memerlukan pengujian, terhadap gagasan atau teori-teori untuk melihat bahwa prediksinya didukung oleh eksperimen. Memang sesungguhnya, pengujian secara seksama merupakan bagian yang penting dalam fisika.

1.3 Pembagian Fisika

Secara umum fisika di bagi dua bagian, yaitu Fisika klasik dan Fisika modern. Fisika klasik berkembang sebelum tahun 1900-an mencakup teori-teori, konsep-konsep, hukum-hukum, dan percobaan-percobaan dalam tiga bidang, yaitu:

1. Mekanika klasik (mengenai gerak benda pada kecepatan normal, jauh lebih kecil dari kecepatan cahaya, 3×10^8 m/detik).
2. Termodinamika (mengenai perpindahan panas, suhu dan kelakuan dari partikel-partikel dalam jumlah yang sangat besar).
3. Elektrodinamika (mengenai fenomena listrik dan magnet, optik dan radiasi).

Dengan fisika klasik kita bisa menerangkan bahwa banyak fenomena alam yang kita lihat dan rasakan di sekitar kita, misalnya : terjadinya angin, panas, rambatan bunyi, pelangi, dan lain-lain. Fisika modern yang muncul pada awal abad ke-20 mengembangkan teori yang berhubungan dengan fenomena-fenomena yang tidak bisa di terangkan oleh fisika klasik

MODUL II

FISIKA MEKANIKA

VEKTOR I

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi Fisika Mekanika tentang vektor I

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat memahami cara penggambaran dan satuan vektor
- Dapat memahami cara dan perhitungan penjumlahan vektor

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |

2.1 Definisi

Secara sederhana vektor yang dimaksud dalam pembahasan ini adalah :
Sebuah besaran yang mempunyai nilai (Harga) dan arah.

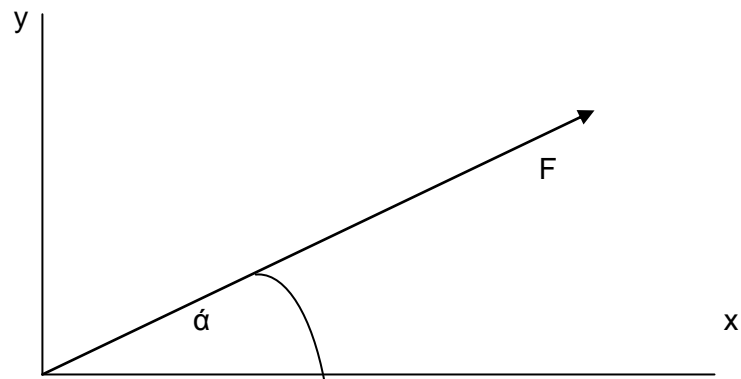
Untuk mendapat gambaran tentang vektor perhatikan contoh – contoh berikut :

1. Pergeseran keadaan ke arah barat sejauh 200 meter
2. Berat benda 100 Newton dengan arah vertical menuju pusat bumi.
3. Kecepatan orang berjalan 5 Km / Jam ke arah selatan.

2.2 Penggambaran vektor dan satuan vektor

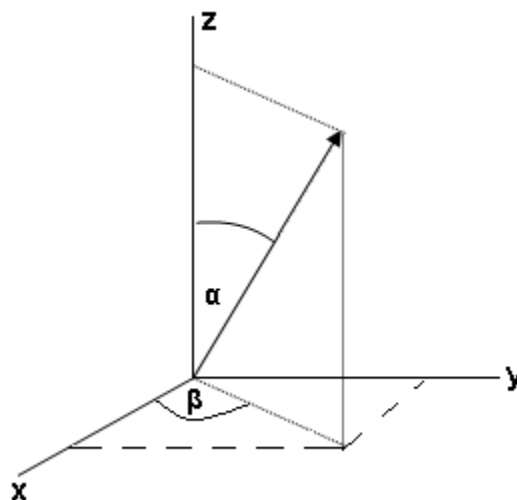
Untuk menggambarkan sebuah besaran yang mempunyai nilai dan arah diwakili oleh sebuah panah dengan aturan :

1. Panjang panah menunjukkan skala harga
2. Arah panah menunjukkan arah vektor



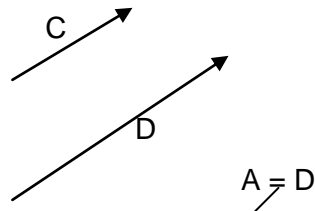
Gambar 2.1

Dari gambar di atas dapat ditafsirkan bahwa vektor F mempunyai harga satuan dan arahnya membentuk sudut α dari sumber x.



Gambar 2.2

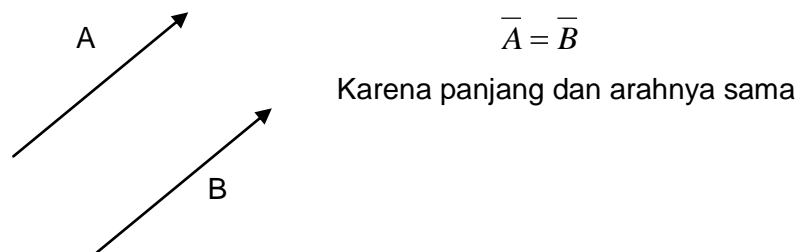
Vektor a adalah vektor pada ruang tiga dimensi dengan harga 4 satuan dan mempunyai arah membentuk sudut α dari sumbu z dan proyeksi A pada bidang x - y membuat sudut β dari sumbu x .



Gambar 2.3

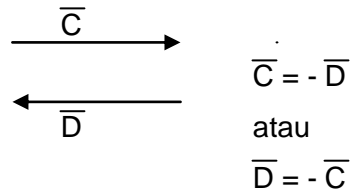
Dari gambar terlihat vektor C mempunyai harga lebih kecil Dari D dan keadaan kedua vektor mempunyai arah yang sama.

3. Dua vektor dikatakan sama jika arah dan panjangnya sama seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.4

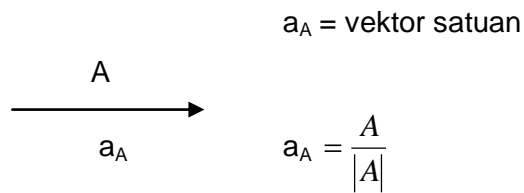
Dua vektor yang harganya sama dan arahnya berbeda 180° (saling berlawanan arah) dinamakan vektor negative satu sama lain.



Gambar 2.5

Harga C sama dengan arah D dan arahnya berbeda 180° .

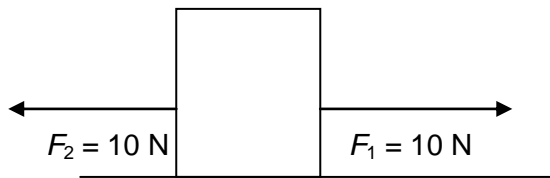
Unit vektor (vektor satuan) adalah sebuah vektor yang harganya satu satuan dan arahnya sama dengan arah vektor itu sendiri sering di tulis



2.3 Penjumlahan vektor

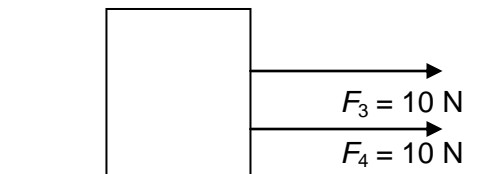
Seperti diungkapkan di atas bahwa sebuah vektor mempunyai harga dan arah sehingga dalam operasinya tidak seperti aljabar biasa.

Dapat dilihat ilustrasi bahwa ini



Licin

Gambar 2.6 (a)



Licin

Gambar 2.6 (b)

Sebuah benda dipengaruhi oleh dua buah vektor yang sama ($F_1 = 10\text{ N}$ dan $F_2 = 10\text{ N}$) ($F_3 = 10\text{ N}$ dan $F_4 = 10\text{ N}$)

Jika kita cari resultannya

$$R_1 = F_1 + F_2$$

$$R_2 = F_3 + F_4$$

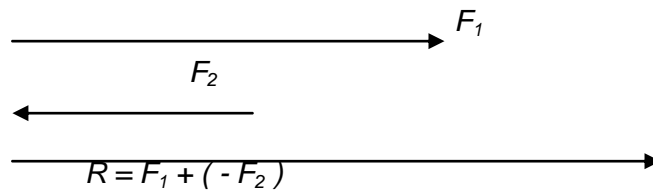
Antara R_1 dan R_2 tentu akan sangat berbeda untuk itu metode penjumlahan vektor tidak sama dengan penjumlahan bilangan biasa kecuali pada kasus – kasus tertentu misalnya vektor sejajar dapat dijumlahkan secara aljabar.



F_2

$$R = F_1 + F_2$$

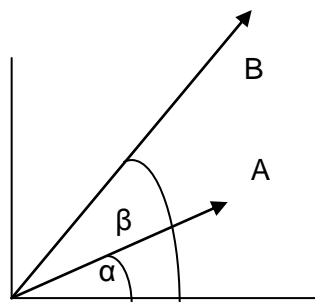
Gambar 2.7 a



Gambar 2.7 b

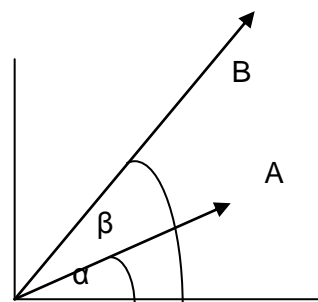
Ada dua metoda penjumlahan vektor secara gambar yakni :

a). Metoda segi tiga sbb :



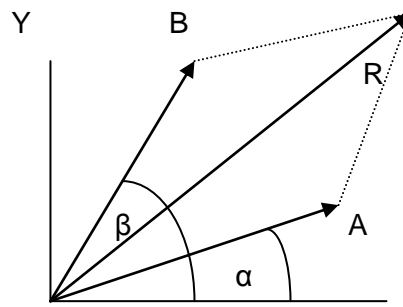
Gambar 2.8.a

$R = A + B$ secara segi tiga adalah sebagai berikut



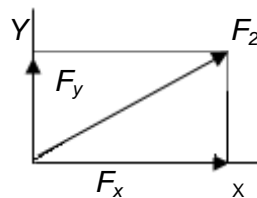
Gambar 2.8.b

b). Metoda jajar Genjang



Gambar 2.8.c

Sebuah vektor pada bidang (dua dimensi) atau pada ruang (tiga dimensi) adalah merupakan gabungan dari vektor – vektor komponennya atau dengan perkataan lain sebuah vektor dapat diproyeksikan menjadi vektor komponennya sebagai berikut :



Gambar 2.9

Analognya dengan metoda jajaran genjang bahwa :

$$F = F_x + F_y$$

Dimana

$$F_x = \cos \alpha$$

$$F_y = \sin \alpha$$

Dengan menggunakan unit vektor (vektor satuan) untuk semua sumbu

\hat{a}_x = unit vektor pada pada sb x

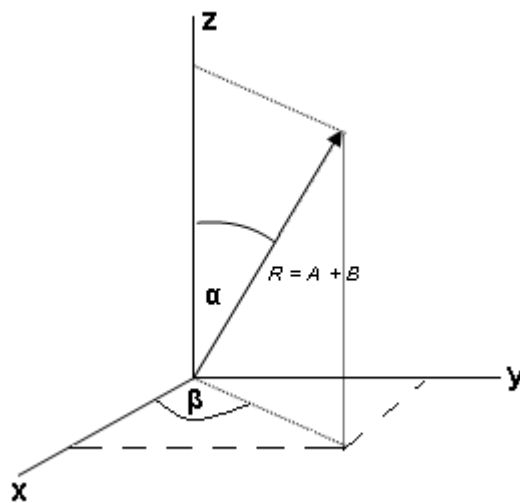
\hat{a}_y = unit vektor pada pada sb y

\hat{a}_z = unit vektor pada pada sb z

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

$$F = a_x F_x + a_y F_y$$

Untuk vektor ruang proyeksi vektor didapat sbb :



$$F_x = F \sin \alpha \cos \beta$$

$$F_y = F \sin \alpha \sin \beta$$

$$F_z = F \cos \alpha$$

$$F = a_x F_x + a_y F_y + a_z F_z$$

Dari penjelasan proyeksi vektor dan pengertian penjumlahan vektor sejajar dapat dengan mudah menyelesaikan penjumlahan vektor secara analisa.

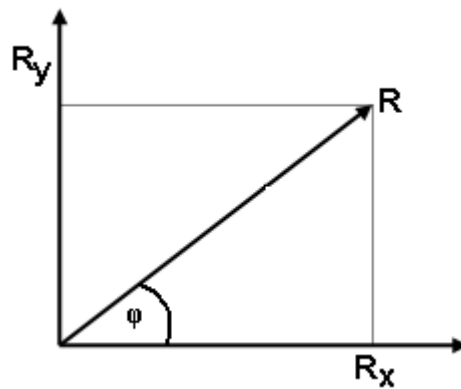
Dari penyelesaian proyeksi vektor dan pengertian penjumlahan vektor sejajar dapat dengan mudah menyelesaikan penjumlahan vektor secara analisa.

$$R_1 = F_1 + F_2$$

$$R = (a_x F_1 x + a_y F_1 y) + (a_x F_2 x + a_y F_2 y)$$

$$R = a_x (F_1 x + F_2 x) + a_y (F_1 y + F_2 y)$$

$$R = a_x R_x + a_y R_y$$



Gambar 2.11

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\varphi = \text{inv tg } \frac{R_y}{R_x}$$

MODUL III
FISIKA MEKANIKA
PROYEKSI VEKTOR PADA RUANG TIGA DIMENSI
DAN OPERASI PERKALIAN VEKTOR

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi fisika mekanika tentang vektor 2

Tinjauan Instruksional khusus

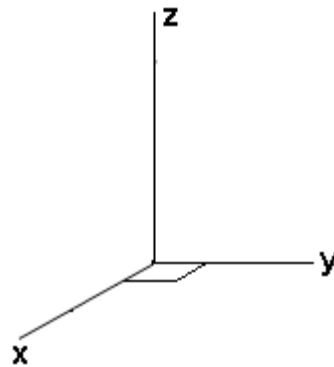
- Dapat memahami tentang proyeksi vektor pada ruang tiga dimensi
- Dapat memahami cara dan perhitungan operasi perkalian vektor

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

3.1 Proyeksi vektor pada ruang tiga dimensi

Ruang tiga dimensi yang di bahas pada pasal ini adalah ruang tiga dimensi yang di bentuk oleh sumbu x, sumbu y dan sumbu z yang antara sumbu saling tegak lurus atau membentuk sudut 90 derajat.



Gambar 3.1

Bila diperhatikan gambar diatas antara masing-masing sumbu saling tegak lurus satu sama lain dan jika di gunakan aturan tangan kanan akan didapat jika diputar dari sumbu x ke sumbu z sesuai dengan lipatan empat jari tangan kanan maka ibu jari menunjukan sumbu z.

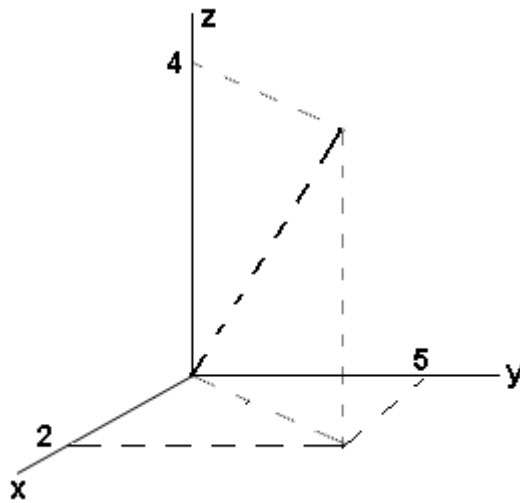
Untuk menentukan posisi titik dalam ruang kartesian dapat di tunjukan pada gambar dibawah ini.

Asal posisi titik A adalah $(2;5;4)$

Intinya titik A berjarak 2 satuan dari pusat koordinat pada sumbu x. titik A berjarak 5 satuan dari pusat koordinat pada sumbu y.

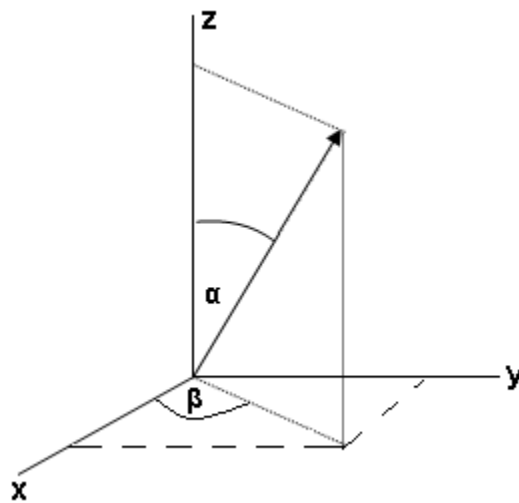
Titik A berjarak 4 s

atuan dari pusat koordinat sumbu z.



Gambar 3.2

Sebuah vektor pada ruang tiga dimensi dapat di proyeksikan menjadi komponen komponennya sebagai berikut.



Gambar 3.3

$$Ax = A \sin \alpha \cos \beta$$

$$Ay = A \sin \alpha \sin \beta$$

$$Az = A \cos \alpha$$

Sehingga

$$\vec{A} = \hat{a}_x Ax + \hat{a}_y Ay + \hat{a}_z Az$$

Dan $\hat{a}_A = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|} = \frac{\hat{a}_x A_x + \hat{a}_y A_y + \hat{a}_z A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$

3.2 Operasi perkalian vektor

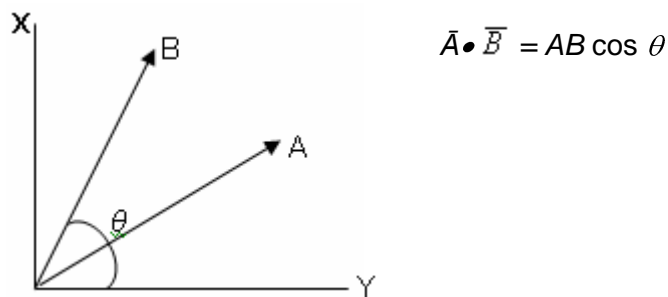
Terdapat dua definisi perkalian vektor yakni :

1. Perkalian titik / dot product diberi symbol titik (\bullet).
2. Perkalian silang / cross product diberi symbol X.

3.2.1 Perkalian titik (\bullet)

Perkalian titik didefinisikan sebagai berikut:

Perkalian titik antara dua vektor menghasilkan besaran scalar dengan ketentuan harga:



Gambar 3.4

Untuk perkalian antara unit vektor menghasilkan:

$\hat{a}_x \cdot \hat{a}_x = 1$	$\hat{a}_y \cdot \hat{a}_y = 1$
$\hat{a}_x \cdot \hat{a}_y = 0$	$\hat{a}_y \cdot \hat{a}_z = 0$
$\hat{a}_x \cdot \hat{a}_z = 0$	$\hat{a}_z \cdot \hat{a}_x = 0$
$\hat{a}_y \cdot \hat{a}_x = 0$	$\hat{a}_z \cdot \hat{a}_y = 0$
	$\hat{a}_z \cdot \hat{a}_z = 1$

Dari hal diatas perkalian titik antara dua unit vektor yang berbeda menghasilkan nol sedangkan perkalian antara unit vektor yang sama menghasilkan harga 1 (satu) sehingga

Jika $A = \hat{x} A_x + \hat{y} A_y + \hat{z} A_z$

$$B = \hat{x} B_x + \hat{y} B_y + \hat{z} B_z$$

Maka $\vec{A} \cdot \vec{B} = (\hat{x} A_x + \hat{y} A_y + \hat{z} A_z) \cdot (\hat{x} B_x + \hat{y} B_y + \hat{z} B_z)$

$$= A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

contoh: $\vec{A} = 3 \hat{x} + 4 \hat{y} + 5 \hat{z}$

$$\vec{B} = 5 \hat{x} + 10 \hat{y} + 4 \hat{z}$$

Cari : a. $R = \vec{A} + \vec{B}$; [R]

b. $\vec{A} \cdot \vec{B}$

Penyelesaian :

a. $R = A+B$

$$= (3 \hat{x} + 4 \hat{y} + 5 \hat{z}) + (5 \hat{x} + 10 \hat{y} + 4 \hat{z})$$

$$= 8 \hat{x} + 14 \hat{y} + 9 \hat{z}$$

$$|R| = \sqrt{8^2 + 14^2 + 9^2} = 18.5$$

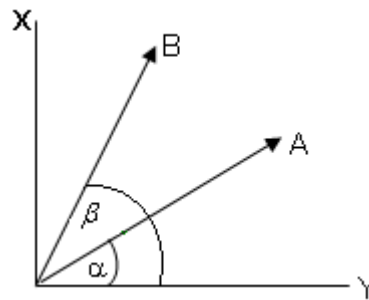
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = (3 \hat{x} + 4 \hat{y} - 5 \hat{z}) \cdot (5 \hat{x} + 10 \hat{y} + 4 \hat{z})$$

$$= 15 + 40 + 20$$

$$= 75$$

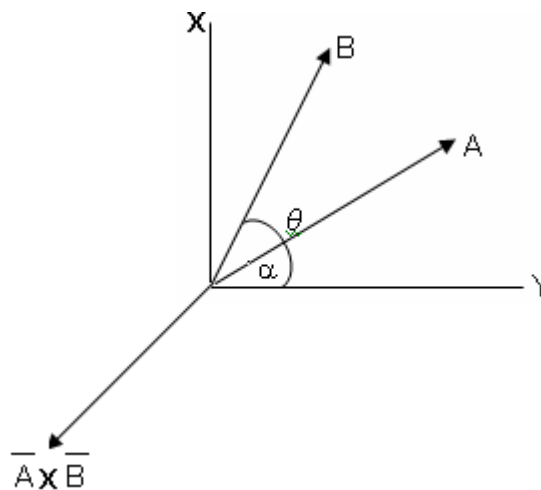
3.2.2 Perkalian silang

Perkalian silang antara dua vektor menghasilkan vektor baru dengan ketentuan sebagai berikut misalkan vektor A dan B pada dua dimensi seperti pada gambar 3.5



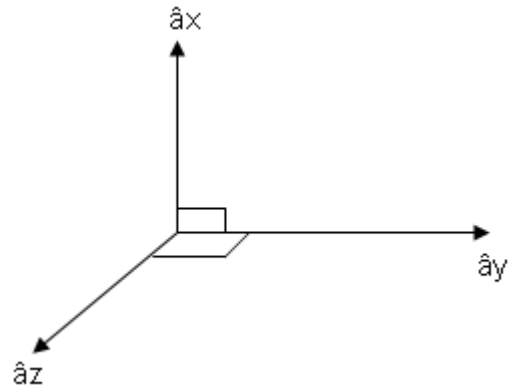
Gambar 3.5

Kaidah tangan yakni diputar dari A ke B sesuai lipatan empat jari tangan kanan arah ibu jari sama dengan hasil perkalian vektor tersebut :



Gambar 3.6

Perkalian antar unit vektor



Gambar 3.7

Untuk mendapatkan hasil antara dua unit vektor harus di perhatikan aturan perkalian silang baik harga maupun arah sehingga :

$$\hat{a}_x \times \hat{a}_x = 0$$

$$\hat{a}_y \times \hat{a}_y = 0$$

$$\hat{a}_x \times \hat{a}_y = \hat{a}_z$$

$$\hat{a}_y \times \hat{a}_z = \hat{a}_x$$

$$\hat{a}_x \times \hat{a}_z = -\hat{a}_y$$

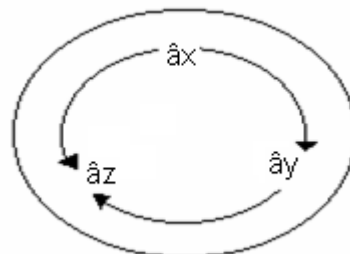
$$\hat{a}_z \times \hat{a}_x = \hat{a}_y$$

$$\hat{a}_y \times \hat{a}_x = -\hat{a}_z$$

$$\hat{a}_z \times \hat{a}_y = -\hat{a}_x$$

$$\hat{a}_z \times \hat{a}_z = 0$$

Dengan memperhatikan perkalian unit vektor di atas dapat pua dinyatakan dengan aturan yang lebih sederhana sebagai berikut :



Gambar 3.8

Gambar 3.8 dapat dijelaskan perkalian antara dua unit vektor yang berbeda akan menghasilkan unit vektor yang lain dengan tanda positif jika arah putaran searah jarum jam dan akan bertanda negatif jika arah putaran berlawanan dengan arah jarum jam.

Contoh:

1. $\hat{x} \times \hat{y} = \hat{z}$ (positif) dari \hat{x} ke \hat{y} arah putar searah jarum jam.
2. $\hat{x} \times \hat{z} = -\hat{y}$ (negatif) karena \hat{x} ke \hat{z} berputar berlawanan arah jarum jam menghasilkan \hat{y} .

Jika diterapkan pada vektor ruang

$$A = \hat{x} A_x + \hat{y} A_y + \hat{z} A_z$$

$$B = \hat{x} B_x + \hat{y} B_y + \hat{z} B_z$$

Maka

$$\begin{aligned} A \times B &= (\hat{x} A_x + \hat{y} A_y + \hat{z} A_z) \times (\hat{x} B_x + \hat{y} B_y + \hat{z} B_z) \\ &= 0 + \hat{z} A_x B_y - \hat{y} A_x B_z - \hat{z} A_y B_x + 0 + \hat{x} A_y B_z + \hat{y} A_z B_x \\ &\quad + \hat{x} A_z B_y + 0 \\ &= \hat{x} (A_y B_z - A_z B_y) - \hat{y} (A_x B_z - A_z B_x) + \hat{z} (A_x B_y - A_y B_x) \end{aligned}$$

Atau ditulis dalam bentuk determinan:

$$A \times B = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

Hasil operasi determinan

$$A \times B = \hat{x} (A_y B_z - A_z B_y) - \hat{y} (A_x B_z - A_z B_x) + \hat{z} (A_x B_y - A_y B_x)$$

MODUL IV

FISIKA MEKANIKA

STATIKA

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi fisika mekanika tentang statika

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat memahami tentang Hukum Newton I, II dan III
- Dapat memahami dan menganalisa penerapan dari Hukum Newton dan perhitungan

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

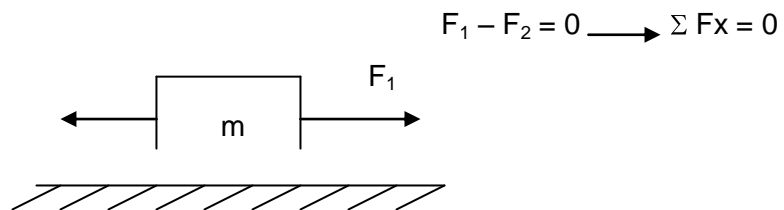
4.1 Hukum Newton I

Apabila benda dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan menurut sebuah garis lurus, maka resultante dari gaya seluruhnya yang bekerja pada benda itu adalah nol.

Benda-benda yang memenuhi hubungan diatas disebut benda yang seimbang

$$F_x = 0, F_y = 0, F_z = 0$$

Sebagai contoh sebuah benda yang bermassa m terletak dalam sebuah lantai, maka gaya yang bekerja pada benda tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1

4.2 Hukum Newton II

Suatu tarikan yang bekerja pada suatu satuan massa standar dan menghasilkan satu satuan percepatan kita sebut suatu satuan gaya. sehingga hubungan ini dapat ditulis : $F = m \cdot a$

Orang dapat mengukur gaya yang besarnya sembarang, suatu gaya F' dilakukan pada massa standar dan menghasilkan percepatan a' . maka besar gaya tersebut :

$$F' = \frac{a'}{a_s} F_s$$

Dimana F_s adalah satuan gaya yang jika bekerja pada massa standar menghasilkan satu satuan percepatan a_s .

Dengan cara ini kita dapat membuat definisi operasional, bahwa jika mempergunakan suatu sistem satuan tertentu maka kita dapatkan hubungan antara gaya, massa, dan percepatan yang ditulis sebagai :

$$F = m \cdot a$$

Hubungan diatas tidak lain adalah hukum II Newton.

Dikarenakan gaya dan percepatan merupakan *besaran vektor* dan massa merupakan *besaran skalar*, sehingga persamaan diatas dapat ditulis :

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

Jika pada benda titik atau partikel bekerja lebih dari satu gaya, maka persamaan harus ditulis :

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Dimana $\sum \vec{F}$ adalah jumlah vektor semua gaya luar yang bekerja pada benda tersebut. Dengan menggunakan persamaan diatas kita harus uraikan vektor harga \vec{F} dan percepatan \vec{a} dalam komponen-komponennya.

$$\begin{aligned}\sum F_x &= m \cdot a_x \\ \sum F_y &= m \cdot a_y\end{aligned}$$

Jika $\sum \vec{F} = 0$, maka gaya resultan menjadi sama dengan nol, sehingga $\vec{a} = 0$, berarti bahwa benda berada dalam keadaan diam atau terus bergerak lurus beraturan.

4.3 Hukum Newton III

Suatu gaya yang bekerja pada suatu benda selalu berasal dari benda lain. Jadi suatu gaya sebetulnya adalah interaksi antara dua benda. Kita dapatkan, bahwa jika suatu benda melakukan sebuah benda lain, benda kedua selalu melakukan balasan pada benda pertama. Disamping itu kedua gaya ini mempunyai besar yang sama dan arah berlawanan.

Jika salah satu gaya yang terjadi pada interaksi antara dua benda tersebut gaya aksi, maka gaya yang lainnya disebut gaya reaksi. Mana aksi atau reaksi tidaklah penting, disini sebab gaya ini bukanlah timbul sebagai sebab akibat, tetapi dua gaya timbul bersama-sama, sehingga yang satu bukanlah merupakan sebab atau akibat dari yang lain.

Sifat gaya-gaya ini pertama ditemukan oleh Newton dalam hukum geraknya yang ketiga ; setiap aksi selalu dilawan oleh reaksi yang sama besarnya; atau aksi timbal balik dari dua benda sama besar dan mempunyai arah berlawanan.

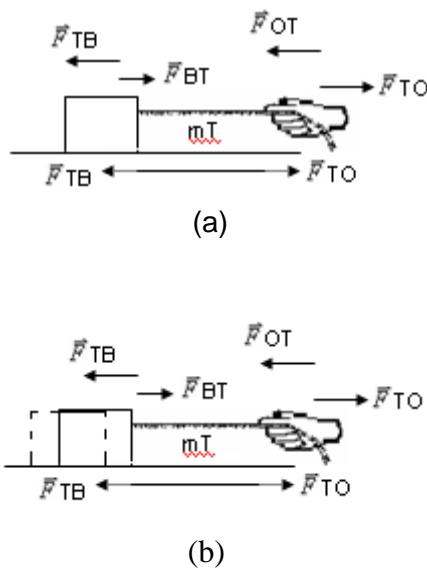
Secara singkat hukum Newton III menyatakan bahwa :

$$\vec{F} \text{ aksi} = - \vec{F} \text{ reaksi}$$

Yaitu bahwa gaya aksi besarnya sama dengan gaya reaksi, akan tetapi arahnya berlawanan.

Contoh 2.1

Seorang menarik seutas tali horizontal dihubungkan dengan sebuah balok yang terletak di atas sebuah meja horizontal seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Seseorang menarik tali yang terikat pada sebuah balok

Orang menarik tali dengan gaya \vec{F}^{TO} . Jadi \vec{F}^{TO} adalah gaya pada tali oleh orang. Tali melakukan gaya reaksi \vec{F}^{OT} pada orang, maka $\vec{F}^{OT} = -\vec{F}^{TO}$. Disamping itu tali melakukan gaya \vec{F}^{BT} pada balok, dan balok melakukan gaya reaksi \vec{F}^{TB} pada tali maka $\vec{F}^{TB} = -\vec{F}^{BT}$.

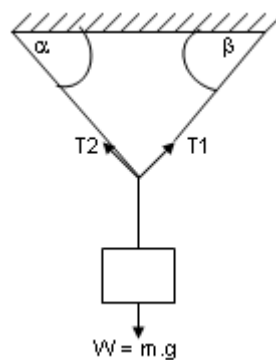
Misalkan tali mempunyai masa m_T maka agar balok dan tali dapat mulai bergerak harus terjadi percepatan, misalkan a . gaya-gaya harus bekerja pada tali hanyalah \vec{F}^{TO} dan \vec{F}^{TB} . Sehingga resultan gaya yang bekerja pada tali adalah $\vec{F}^T = \vec{F}^{TO} + \vec{F}^{TB}$ dan ini tidak boleh sama dengan nol jika tali harus bergerak dipercepat dari hukum Newton kita dapatkan:

$$\vec{F}^T = \vec{F}^{TO} + \vec{F}^{TB} = m_T a$$

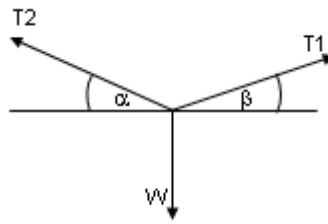
Karena gaya-gaya pada tali semuanya pada arah horizontal, maka kita dapat tinggalkan vektor dan kita dapatkan hubungan

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{TO} + \vec{F}_{TB} = mT\vec{a}$$

Tampak bahwa pada umumnya \vec{F}_{TO} besarnya tidak sama dengan \vec{F}_{TB} , ingat kedua gaya ini bekerja pada benda yang sama, jadi bukan pasangan aksi dan reaksi. Perhatikan bahwa \vec{F}_{TO} selalu sama besar dengan gaya \vec{F}_{OT} , dan bahwa besar \vec{F}_{TB} selalu sama besarnya dengan gaya \vec{F}_{BT} . Tapi pasangan gaya \vec{F}_{TO} & \vec{F}_{OT} mempunyai besar yang sama dengan gaya \vec{F}_{TB} dan \vec{F}_{BT} hanya jika percepatan tali $a = 0$. Hanya dalam hal khusus ini kita dapat membayangkan bahwa tali meneruskan gaya yang dilakukan oleh orang pada balok tanpa ada perubahan. Hal yang sama juga berlaku jika masa tali $m_T = 0$. Dalam kenyataan, kita tidak pernah menjumpai masa tali sama dengan nol. Akan tetapi seringkali masa tali dapat diabaikan, sehingga tali dianggap meneruskan gaya tanpa ada perubahan. Gaya yang terjadi pada setiap titik disebut gaya tarik pada tali tersebut. Gaya tarik ini mempunyai besar yang sama untuk setiap titik pada tali hanya jika tidak ada percepatan, atau jika masa tali sama dengan nol



Gambar 4.3



Gambar 4.4

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T1 \cos \beta - T2 \cos \alpha = 0 \dots \dots \dots (1)$$

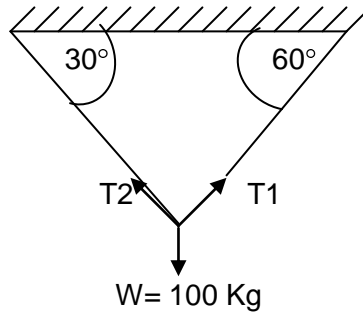
$$\Sigma F_y = 0$$

$$T1 \sin \beta - T2 \sin \alpha - w = 0 \dots \dots \dots (2)$$

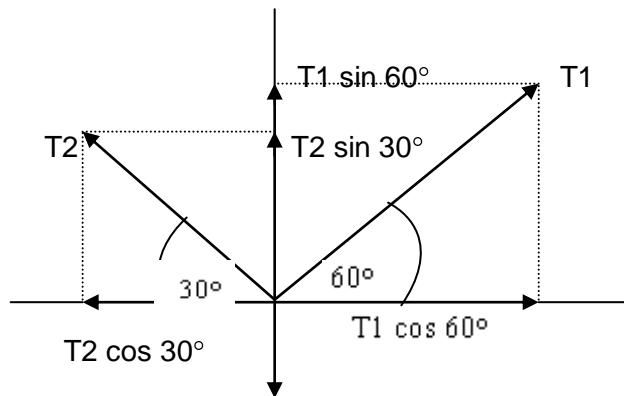
Persamaan disederhanakan menjadi:

$$T2 = \frac{\begin{bmatrix} \cos \beta & 0 \\ \sin \beta & w \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \cos \beta & -\cos \alpha \\ \sin \beta & \sin \alpha \end{bmatrix}}$$

Contoh 1.



Gambar 4.5



Gambar 4.6

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T1 \cos 60 - T2 \cos 30 = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T1 \sin 60 - T2 \sin 30 - 100 = 0 \dots \dots \dots (2)$$

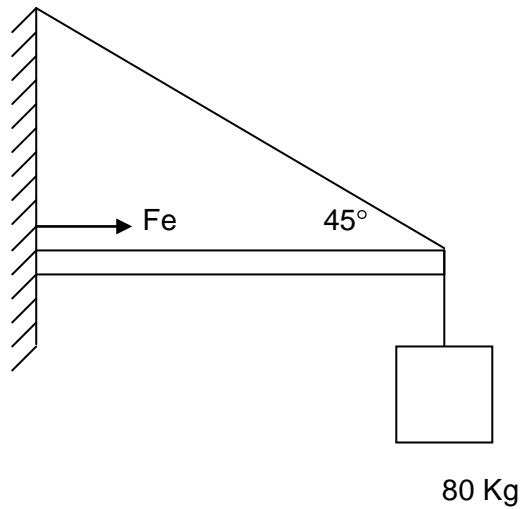
Dari persamaan 1 diperoleh $T1 = T2 \sqrt{3}$ kemudian dimasukkan kedalam persamaan 2 di dapat :

$$T2 = 50 \text{ Kg}$$

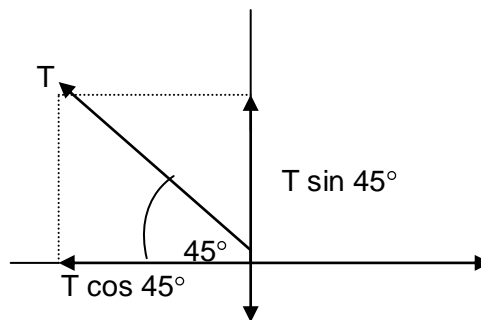
$$T1 = 50 \sqrt{3} = 86,6 \text{ Kg}$$

Contoh 2:

Suatu batang yang ditahan oleh suatu tali seperti gambar diberi beban 80 Kg yang di tanyakan adalah gaya lawan dari dinding kepada batang itu. Untuk sebaiknya dibuat kembali gaya yang bekerja itu sumbu xy.



Gambar 4.7



Gambar 4.8

Untuk syarat kesetimbangan harus $F_x = 0$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T \sin 45 - 80 = 0$$

$$T \sin 45 = 80$$

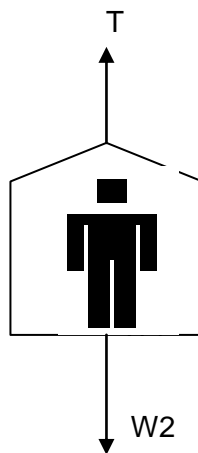
$$T = \frac{160}{\sqrt{2}} \cong 114 \text{ lb}$$

$$F_o = 114 \cos 45 = 80 \text{ lb}$$

Contoh soal:

Seseorang yang beratnya $W_1 = 500$ Newton ditarik oleh lift keatas dengan kecepatan tetap (berat lift $W_2 = 5000$ Newton).

Gambar dan hitunglah gaya-gaya yang bekerja pada sistem tersebut!



Gambar 4.9

$$\Sigma F = m.a$$

$$T - (W_1 + W_2) = 0$$

$$T = W_1 + W_2$$

$$= 500 + 5000$$

$$= 5500 \text{ Newton}$$

MODUL V

FISIKA MEKANIKA

HUKUM NEWTON II DAN PENERAPANNYA

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi fisika mekanika tentang hukum Newton II dan penerapannya

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat memahami tentang Hukum Newton II dan penerapannya
- Dapat memahami dan menganalisa penerapan dari Hukum Newton II dan perhitungan

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

5.1 Hukum Newton II

Dalam buku yang ditulis Newton Principle, Newton menyatakan hukum II dalam bentuk momentum yaitu yang disebut kuantitas gerak. Dalam Fisika Modern Newton berbunyi:

“ Perubahan momentum persatuan waktu berbanding lurus dengan gaya resultan, dan mempunyai arah sama dengan gaya tersebut.”

Dalam bentuk matematis

$$F^{\omega} = \frac{dp^{\omega}}{dt}$$

P = Momentum (Kg.m/s)

$$= mv^{\omega}$$

dapat ditulis dalam bentuk :

$$F^{\omega} = \frac{d}{dt}(mv^{\omega})$$

$$F^{\omega} = m \frac{dv^{\omega}}{dt} + v^{\omega} \frac{dm}{dt}$$

atau

$$F = ma^{\omega} + v \frac{dm}{dt}$$

Dan untuk massa benda yang constan (tidak berubah terhadap waktu)

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

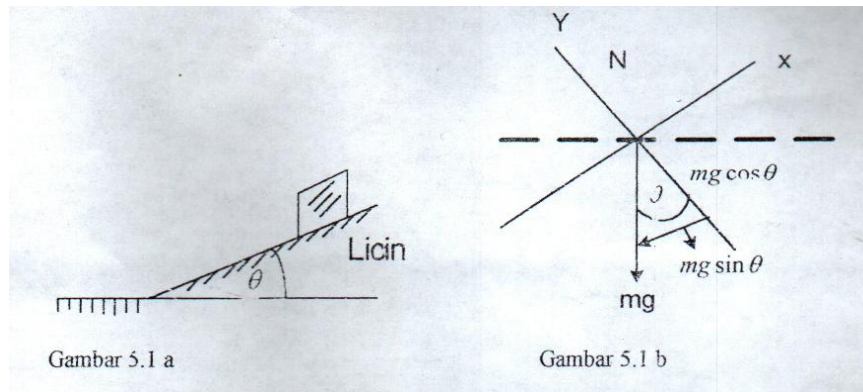
sehingga bentuk hukum Newton II untuk massa benda yang konstan adalah:

$$F = ma^{\omega}$$

5.2 Penerapan Hukum Newton II

Contoh 1 :

Kita ingin menganalisa gerak sebuah balok pada bidang miring yang licin (gaya gesek dianggap nol) seperti ditunjukkan pada gambar 5.1



Gambar 5.1 (a) Sebuah balok terletak pada bidang miring.
(b) Diagram gaya benda.

Gerak yang mungkin terjadi adalah pada sumbu x dan tidak terjadi pada sumbu y sehingga persamaan gaya – gaya sebagai berikut :

$$\sum F_x = ma_x = ma$$

$$mg \sin \theta = ma$$

atau

$$a = g \sin \theta$$

ket :

a_x = percepatan benda pada sumbu x Karena ada satu percepatan pada sumbu x maka $a_x = a$

pada sumbu y

$$\sum F_y = 0$$

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$N = mg \cos \theta$$

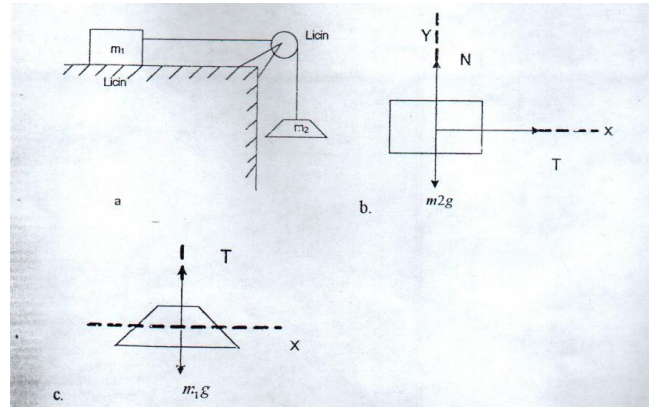
N = Gaya normal (Newton)

m = Massa benda

g = percepatan gravitasi

Contoh 2 :

Sebuah balok dengan massa m_1 terletak pada permukaan horizontal yang licin. Dan ditarik dengan seutas tali yang dihubungkan dengan benda lain dengan massa m_2 seperti terlihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2

- a. Dua benda dihubungkan dengan tali m_1 terletak diatas bidang horizontal dan m_2 tergantung pada tali.
- b. Diagram benda bebas untuk m_1
- c. Diagram yang sama untuk m_2

Persamaan gerak dari benda m_1 .

$$\sum F_y = m_1 a_x$$

$$T = m_1 a_x \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - m_1 g = 0$$

$$N = m_1 g \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan gerak dari m_2

$$\sum F_y = m_2 a$$

$$T - m_2 g = m_2 a_{2y} \dots \dots \dots (3)$$

Perlu diperhatikan

Dalam persoalan ini ambil arah ke atas dan ke kanan untuk gaya dan percepatan sebagai arah positif.

Pada persoalan ini panjang tali adalah tetap maka balok m_1 dan m_2 mempunyai kecepatan sama, jadi juga mempunyai percepatan sama hingga:

$$a_{1x} = a_{2y} = a$$

dengan demikian persamaan – persamaan diatas menjadi:

$$T - m_1 a = m_1 g \dots\dots\dots(4)$$

$$T - m_2 g = -m_2 a$$

$$T = m_2 g - m_2 a \dots\dots\dots(5)$$

Dari persamaan 4 dan 5

$$m_1 a = m_2 g - m_2 a$$

$$(m_1 + m_2) a = m_2 g$$

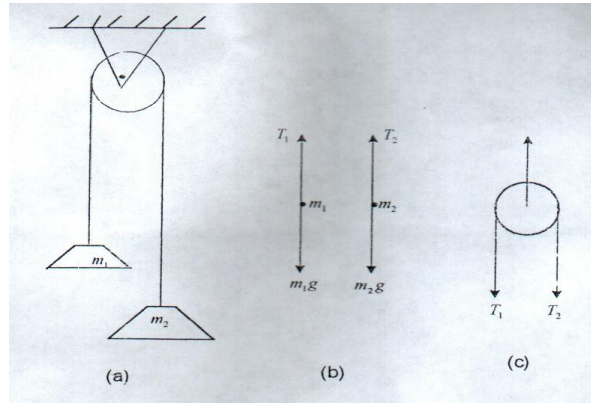
$$a = \frac{m_2 g}{(m_1 + m_2)}$$

dari

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

Contoh 3:

Dua buah benda bermassa tidak sama besar dihubungkan dengan seutas tali melalui katrol (pada gambar 5.3)



Gambar 5.3

- a. Dua massa tak sama besar digantungkan dengan tali pada sebuah katrol.
- b. Diagram gaya beban bebas untuk m_1 dan m_2
- c. Diagram benda bebas untuk katrol dengan massa katrol yang diabaikan.

Persamaan yang berlaku untuk benda 1

$$T_1 - m_1 g = m_1 a \dots\dots\dots(1)$$

Dan untuk m_2

$$T_2 - m_2 g = -m_2 a \dots\dots\dots(2)$$

Karena massa tali dan massa katrol diabaikan ($=0$) maka $T_1 = T_2 = T$

Dengan demikian didapat

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

dan

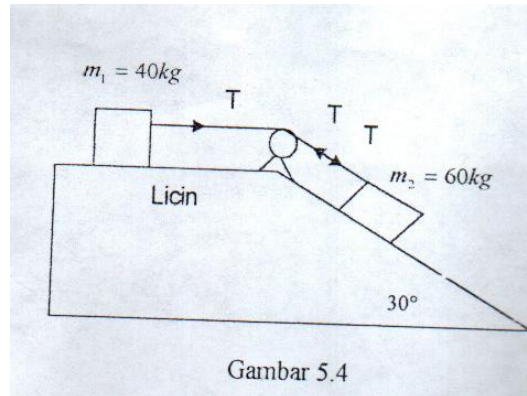
$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

Sedang gaya keatas dengan menganggap gaya – gaya bekerja pada pusat kontrol

$$T = T_1 + T_2$$

$$P = 2T$$

Contoh 4:



Gambar 5.4

Dari gambar 5.4 cari a dan T pada m_1 diagram gayanya sebagai berikut

$$\sum F_y = 0$$

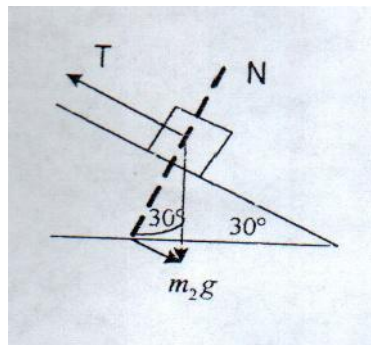
$$N - m_1 g = 0$$

$$N = m_1 g$$

$$\sum F_x = m_1 a$$

$$T = m_1 a = 40a \dots\dots\dots (I)$$

Pada m_2 diagram gayanya sebagai berikut:



MODUL VI

FISIKA MEKANIKA

GAYA GESEK

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi fisika mekanika tentang gaya gesek

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat memahami dan menganalisa tentang gaya gesek dan penerapannya

Buku Rujukan:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

6.1 Gaya Gesek

Gaya gesekan merupakan gaya yang terjadi karena akibat bersentuhannya dua permukaan yang berbeda.

$$f_k = \mu_k N$$

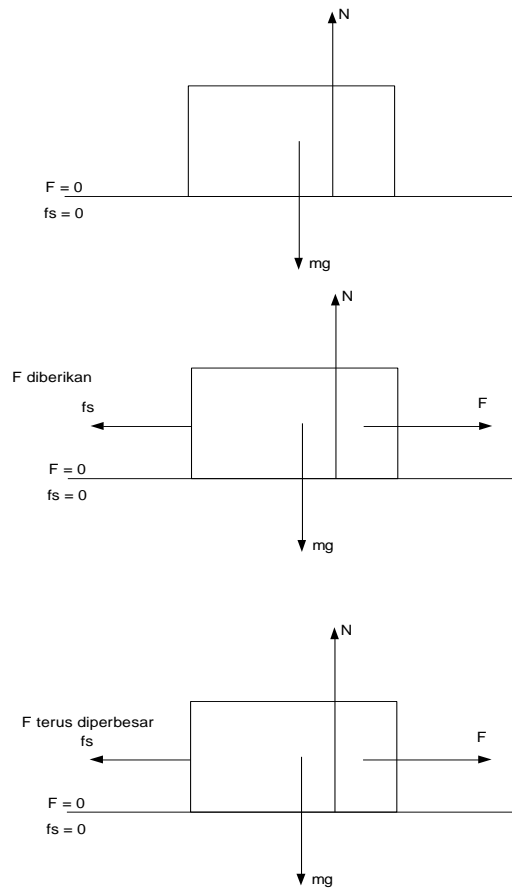
f_k = Gaya gesek kinetik (Newton)

μ_k = Koefisien gerak kinetik (tanpa satuan)

N = Gaya Normal (Newton)

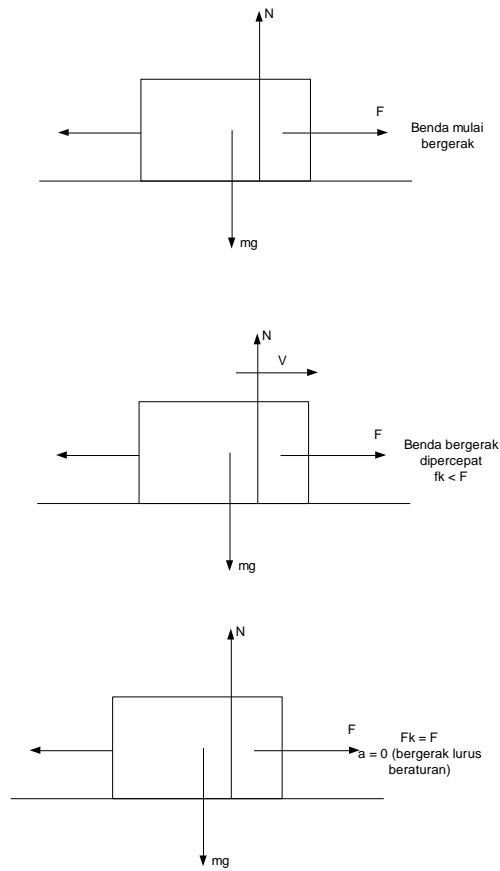
Pada umumnya $\mu_k < \mu_s$

keadaan benda dipengaruhi oleh gaya luar dan gaya gerak dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 6.3 Keadaan benda dipengaruhi oleh gaya yang lebih kecil dari koefisien gerak maksimum.

Dari gambar diatas jika F diperbesar mak f_s bertambah besar selagi $F = ..f_s$ maka benda dalam keadaan diam, tetapi jika diberikan gaya sampai pada harga $F \geq \mu_s N$ maka benda mulai bergerak.



Gambar 6.4

Gambar 6.4 Keadaan benda dipengaruhi oleh gaya yang lebih besar atau sama dengan $f_{s_{maks}}$

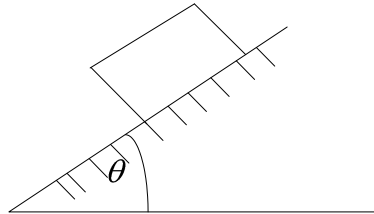
Gaya gesek ini didapat dari hasil empiric yang tidak didasarkan pada teori sebab musabab terjadinya gesekan dengan demikian tidak ada teori eksak tentang gesekan.

Beberapa variabel yang mempengaruhi gesekan dari pengamatan antara lain

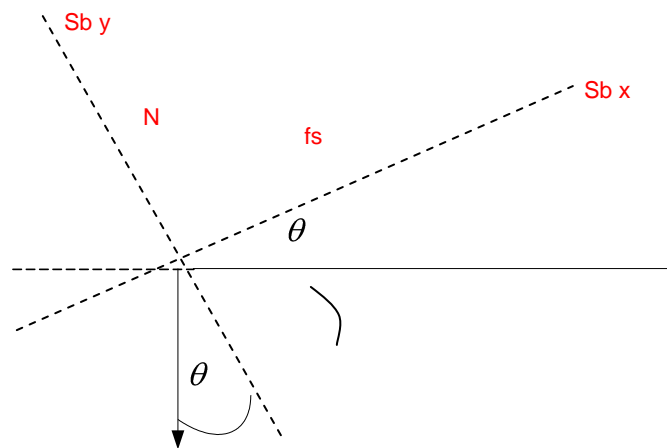
- Bahan yang dipergunakan
- Tingkat kehalusan permukaan
- Selaput permukaan
- Temperature
- Kebersihan permukaan

6.2 Contoh-contoh Penerapan

contoh 1.



Gambar 6.2 a benda pada bidang miring dengan sudut kemiringan maka diagram gaya dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 6.2 b diagram gaya bebas untuk balok

Jika balok dalam keadaan diam

$$\sum F_x = 0$$

$$fs - mg \sin \theta = 0$$

$$fs = mg \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

keadaan diam $fs < us N$

dan θ

$$\sum F_y = 0$$

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$N = mg \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

Besaran f_s dipengaruhi oleh kemiringan ($\theta = 0$ jika bekerja $m g \sin \theta$ mencapai harga $\mu_s N$ maka benda mulai meluncur.

Sehingga benda mulai meluncur terjadi pada kemiringan

$$\mu_s N = mg \sin \theta$$

$$\mu_s mg \cos \theta = mg \sin \theta$$

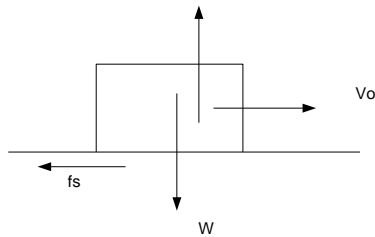
$$\mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$\mu_s = \tan \theta$$

$$\theta = \arctan[\mu_s] \text{ benda mulai meluncur}$$

contoh 2

Kita tinjau mobil yang sedang bergerak diatas suatu jalan lurus dan datar dengan kecepatan tetap V_0 jika koefesien gerak antara ban dan jalan adalah μ_s , tentukan jarak terdekat mobil dapat dihentikan.



Hubungan antara kecepatan awal percepatan jarak akhir dirumuskan

$$V^2 = V_0^2 + 2ax$$

diamana V = kecepatan akhir dalam hal ini mobil berhenri ($V = 0$)

$$0 = V_0^2 + 2ax$$

$$a = \frac{V_0^2}{2x}$$

menurut hukum Newton

$f_s = -m \cdot a$ (tanda – berlawanan dengan arah gerak)

$$a = \frac{f_s}{m}$$

Karena dengan keadaan mendatar $f_s = \mu_s N = \mu_s mg$

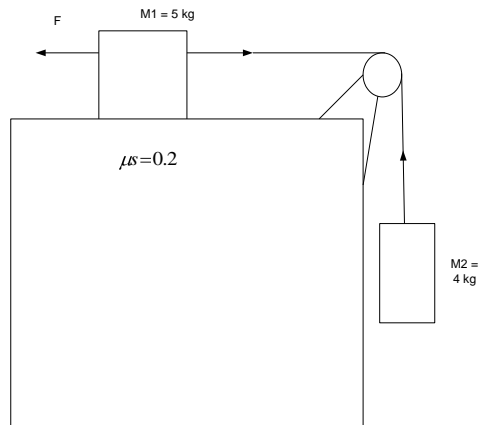
$$\text{Maka } a = -\frac{\mu_s mg}{m} = -\mu_s g \dots\dots\dots(2)$$

Sehingga didapat

$$\mu_s g = \frac{V_0^2}{2x}$$

$$x = \frac{V_0^2}{2\mu_s g}$$

contoh 3.



Hitung gaya F agar benda mempunyai percepatan 2 m/s^2

Hitung gaya tegangan tali

Penyelesaian

Pada benda m_1

$$\sum F_x = m_1 a$$

$$-F + f + T = -m_1 a$$

atau

$$F - f + T = m_1 a$$

$$F - \mu N + T = 5a$$

dimana $N = m_1 g = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N}$

$$F - (0,2 \cdot 50 + T) = 5a$$

$$F - 10 - T = 5 \cdot 2$$

$$F - 10 - T = 10$$

$$F = 20 + T \dots \dots \dots (1)$$

$$F = m_1s - m_2a$$

$$F = m_1s + m_2a$$

$$F = 4.10 + 4.2$$

$$F = 40 + 8 = 48 \text{ N} \dots \dots \dots (2)$$

Sehingga $F = 20 + 48 = 68 \text{ N}$

Jawaban a didapat $T = 48 \text{ N}$

MODUL VII

FISIKA MEKANIKA

MOMEN GAYA DAN PUSAT MASSA

Tujuan intruksional umum

Agar mahasiswa dapat memahami materi fisika mekanika tentang momen gaya dan pusat benda.

Tinjauan Instruksional khusus

- Dapat memahami dan menganalisa tentang momen gaya dan penerapannya
- Dapat memahami dan menganalisa cara mencari pusat massa

Buku Rujukan:

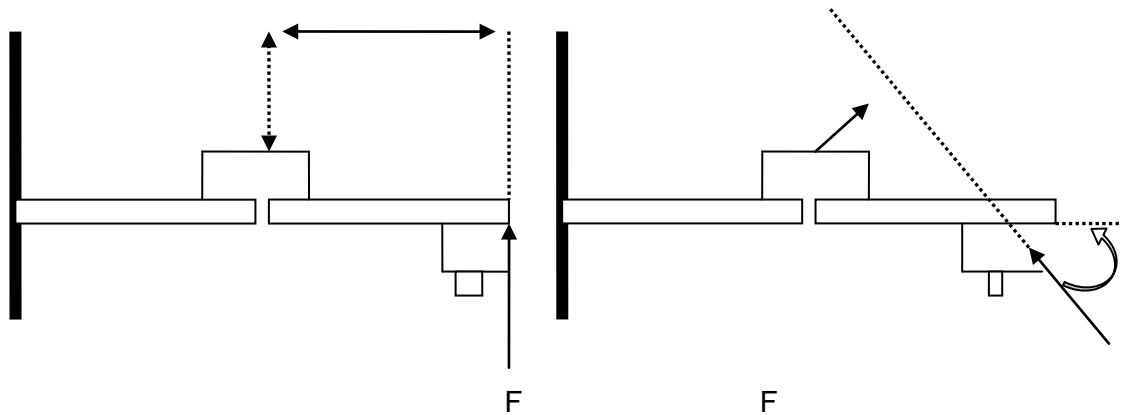
- | | |
|----------------------|--------------------|
| ▪ Giancoli | Physics |
| ▪ Kane & Sterheim | Physics 3 Edition |
| ▪ Sears & Zemansky | University Physics |
| ▪ Frederick J Bueche | Seri Buku Schaum |
| ▪ Sutrisno | Seri Fisika Dasar |
| ▪ Johannes Surya | Olimpiade Fisika |

7.1 Momen gaya

Jika gaya menyebabkan benda bergerak misal dari gerak lurus menjadi berhenti

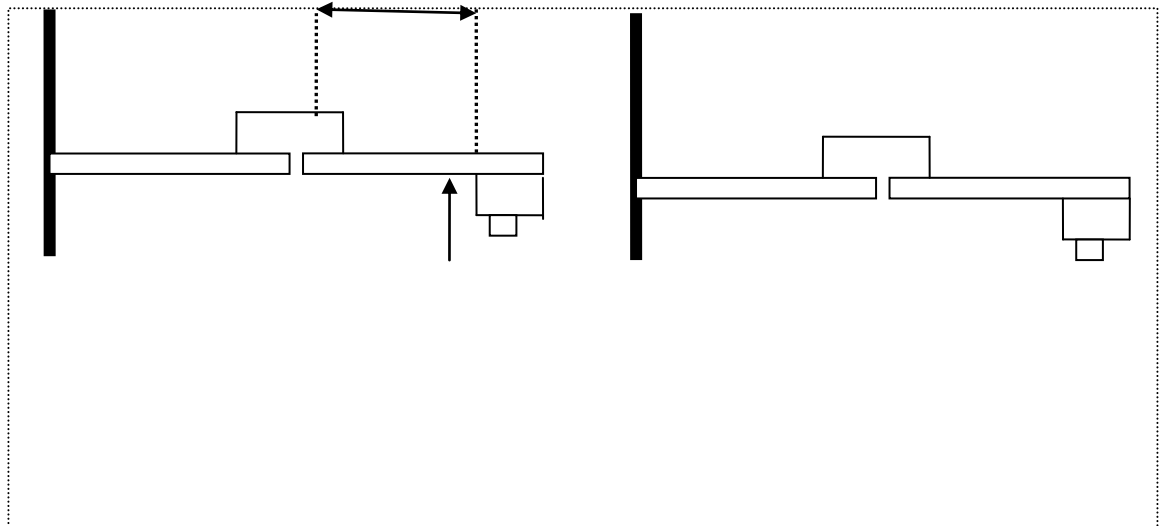
Atau menjadi balik arah atau bergerak diperlambat bahkan bergerak dapat dipercepat maka momen gaya dapat mengakibatkan benda berputar, momen gaya dipengaruhi oleh besar gaya dan jarak gaya dari titik tumpuan (Lengan gaya) dan arah gaya. Momen gaya sering disebut TORQUE atau TORSI.

Dapat diperhatikan contoh dari gambar-gambar di bawah ini:



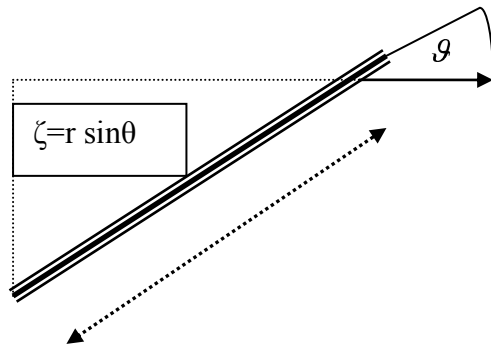
7.1 (a)

7.1 (b)



Dari gambar 7.1 (a)sampai dengan 7.1 (d) gaya yang diberikan sama besar tapi jarak atau gaya arah jarak berbeda-beda maka akan menghasilkan gaya yang berbeda-beda.

Untuk mendapatkan hasil momen gaya perhatikan gambar 7.2 sbb:



Momen gaya (M) didefinisikan sebagai berikut :

$$M = \vec{r} \times \vec{f} \quad (\text{N.m})$$

r = jarak antara titik tangkap gaya dari pusat putaran (m)

f = Gaya (Newton)

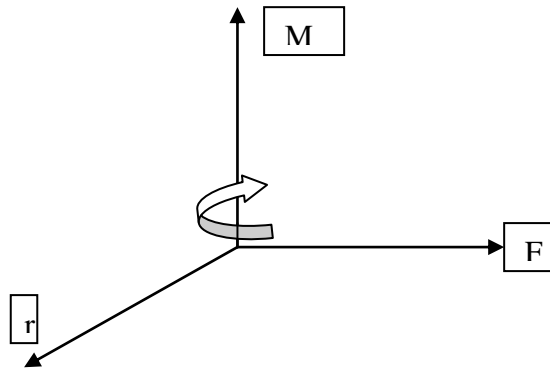
dari perkalian vektor didapat hasil SBB:

$$M = F r \sin \theta$$

Dari gambar 7.2 terlihat bahwa $f = r \sin \theta$ adalah jarak pusat putaran gaya diman antara gaya dan jarak ke pusat getaransaling tegak lurus atau sederhananya.

$$F \perp \zeta$$

Arah momen gaya diicari dengan aturan tangan kanan

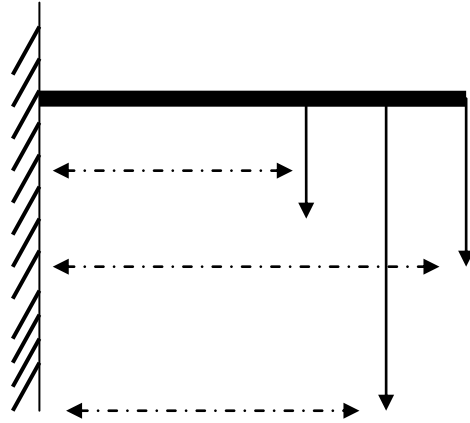


Diputar dari pusat r ke f sesuai dengan lipatan empat jari tangan kanan maka momen gaya sesuai dengan arah ibu jari tangan kanan.

Sesuai perjanjian yang umum dipakai kita mengambil arah gaya positif jika benda cenderung berputar berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam dan negatif jika benda berputar searah dengan arah putaran jarum jam

Catatan : perjanjian diatas tidak berlaku mutlak

7.2 Menjumlahkan gaya gaya sejajar



Suatu batang dipengaruhi oleh dua gaya masing – masing F_1 dan F_2 dan mempunyai jarak dari titik tumpuan x_1 dan x_2

Jumlah gaya (resultant) dari f_1 dan f_2 adalah

Sedang resultante gaya adalah:

Jika tanda gaya dan tanda momen :

Dan titik tumpu gaya tersebut dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut :

$$X = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2}{R}$$

$$X = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2}{F_1 + f_2}$$

Untuk gaya yang banyak (sebanyak n buah)

$$X = \frac{F1.x1 + F2.x2 + F3.x3 + \dots Fn.Xn}{F1 + F2 + F3 + \dots Fn}$$

Atau dapat ditulis

$$X = \frac{\sum F1.x1}{\sum F1}$$

Contoh :

Tentukan titik tumpu dilihat dari titik Q

Penyelesaian:

$$R = \frac{F1}{F1} \rightarrow + \frac{FF2}{FF2} \rightarrow + \frac{F3}{F3} \rightarrow$$

$$R = 2 - 0 + 3$$

$$R = -5N$$

Dengan mengikuti pengujian tanda:

$$x = \frac{-f1x1}{-f1} + \frac{-f3x3}{-f3}$$

$$x = \frac{2.3}{-5} + \frac{3.6}{-5}$$

$$x = \frac{-8}{-5}$$

$$x = 1,6m$$

Sehingga jarak titik tumpu dari titik q adalah 1,6 kearah kanan

Contoh:

3 buah benda masing-masing

$m_1 = 10 \text{ kg}$ pada posisi (2,3,4)

$m_2 = 5 \text{ kg}$ pada posisi (1,2,3)

$m_3 = 20 \text{ kg}$ pada posisi (2,0,5)

Tentukan pusat massa ketiga benda tersebut ?

Karena berat dan massa benda mempunyai hubungan :

$$W = m \cdot g$$

Maka dengan mensubstitusikan kepersamaan berat

$$x = \frac{\sum m_i \cdot x_i \cdot g}{\sum m_i \cdot g} = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}$$

$$y = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}$$

$$z = \frac{\sum m_i \cdot z_i}{\sum m_i}$$

$$x = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 20 \cdot 2}{10 + 5 + 20}$$

$$x = \frac{20 + 5 + 40}{35} = \frac{65}{35}$$

$$x = 1,875m$$

$$y = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10 \cdot 3 + 5 \cdot 2 + 20 \cdot 0}{35}$$

$$y = \frac{30 + 10}{35} = \frac{40}{35}$$

didapat $y = 1,14m$