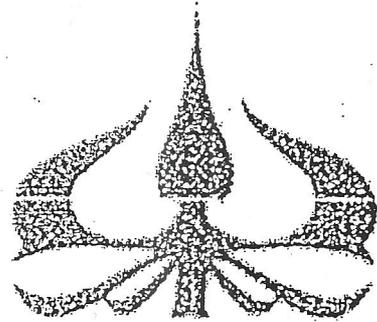


**MODUL KULIAH**  
**FISIKA DASAR I**  
**BAGIAN 1 - MEKANIKA**

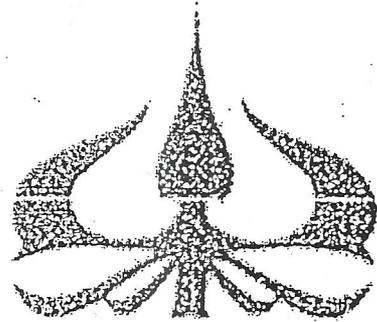


*Disusun oleh :*

**DRS. BAMBANG CHOLIS S., MSC.**  
**IR. HARUMI YUNIARTI, MSC.**

**FAKULTAS TEKNOLOGI**  
**KEBUMIHAN DAN ENERGI**  
**UNIVERSITAS TRISAKTI**  
**JAKARTA**

**MODUL KULIAH**  
**FISIKA DASAR I**  
**BAGIAN 1 - MEKANIKA**



*Disusun oleh :*

**DRS. BAMBANG CHOLIS S., MSC.**  
**IR. HARUMI YUNIARTI, MSC.**

**FAKULTAS TEKNOLOGI**  
**KEBUMIHAN DAN ENERGI**  
**UNIVERSITAS TRISAKTI**  
**JAKARTA**

## KATA PENGANTAR

Mata Kuliah Fisika Dasar I di Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi (FTKE) Universitas Trisakti terdiri dari 2 Bagian yaitu Bagian Pertama membahas tentang Fisika Mekanika dan bagian kedua membahas tentang Fisika Listrik dan Magnet.

Fisika Mekanika meliputi Sistem Satuan dan Besaran, Kinematika, Dinamika Partikel, Usaha dan Energi, Gerak Melingkar, Gerak Rotasi, Statika atau Kesetimbangan serta Momentum dan Tumbukan.

Untuk memudahkan dalam mempelajari pokok-pokok bahasan yang akan diberikan dalam kuliah Fisika Dasar ini, diktat ini dilengkapi dengan contoh-contoh soal dan penyelesaiannya. Selanjutnya untuk lebih memahami dan menguasai setiap pokok bahasan telah dilengkapi pula dengan soal-soal latihan yang dapat dikerjakan diluar jam kuliah atau sebagai tugas Pekerjaan Rumah untuk mahasiswa. Materi bagian Pertama ini akan diberikan selama setengah Semester pertama Perkuliahan sampai dengan dilaksanakannya Ujian Tengah Semester.

Bagian kedua dari Modul Fisika Dasar I adalah Fisika Listrik dan Magnet, yang akan diberikan setengah Semester terakhir yaitu setelah dilaksanakannya Ujian Tengah Semester sampai dengan Ujian Akhir Semester.

Materi Modul Fisika Dasar I bagian kedua ini meliputi Interaksi Elektrostatika, Medan dan Potensial Listrik, Kapasitansi dan Kapasitor, Arus dan Hambatan, Rangkaian Listrik DC, Induksi Elektromagnetik serta Magnet. Seperti juga pada bagian pertama, pada bagian kedua ini setiap pokok bahasan dilengkapi dengan contoh-contoh soal dan penyelesaian serta latihan soal-soal untuk latihan tambahan agar lebih dapat memahami dan menguasai materi yang telah disajikan dalam setiap kuliah. Perlu diketahui bahwa materi bagian kedua meliputi Fisika Listrik dan Magnet ini disusun terpisah dengan materi bagian pertama dalam modul ini.

Sudah pasti dalam penyusunan Modul Kuliah ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan disana-sini, untuk itu kritikan yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan selanjutnya.

Jakarta, Agustus 2008

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
I. SISTEM SATUAN DAN BESARAN.....	1
1.1 Besaran Pokok.....	1
1.2 Sistem Satuan.....	1
1.3 Besaran Fisika.....	2
1.4 Vektor.....	3
1.5 Soal-soal Latihan.....	6
II. KINEMATIKA.....	7
2.1 Gerak Lurus.....	7
1. Gerak Dipercepat Beraturan.....	7
2. Gerak Lurus Beraturan.....	10
3. Gerak Jatuh Bebas.....	11
2.2 Gerak Relatif.....	13
2.3 Gerak Peluru / gerak parabola.....	14
2.4 Soal-soal Latihan.....	18
III. DINAMIKA PARTIKEL.....	19
3.1 Hukum-Hukum Newton.....	19
3.2 Gaya-gaya Kontak (Gaya Gesekan).....	20
1. Gaya gesek statik.....	20
2. Gaya gesek kinetik.....	20
3.3 Elastisitas.....	21
3.4 Hukum Hooke.....	21
3.5 Soal-soal Latihan.....	25
IV. USAHA DAN ENERGI .....	27
4.1 Usaha.....	27
4.2 Daya.....	27
4.3 Energi.....	28
4.4 Pegas.....	29
4.5 Soal-soal Latihan.....	31

V. GERAK MELINGKAR.....	32
5.1 Kecepatan.....	32
5.2 Percepatan.....	32
5.3 Periode.....	33
5.4 Frekuensi.....	33
5.5 Macam Gerak melingkar.....	34
5.6 Susunan Roda-roda.....	34
5.7 Latihan soal-soal .....	37
VI. GERAK ROTASI.....	38
6.1 Momen Kelembaman.....	38
6.2 Teori Sumbu Sejajar.....	39
6.3 Teori Sumbu Tegak lurus.....	40
6.4 Soal-soal Latihan.....	43
VII. STATIKA (KESETIMBANGAN).....	44
7.1 Keseimbangan Translasi.....	44
7.2 Keseimbangan Rotasi.....	44
7.3 Torsi (Momen Gaya).....	44
7.4 Soal-soal Latihan.....	46
VIII. MOMENTUM DAN TUMBUKAN.....	47
8.1 Hukum Kekekalan Momentum.....	47
8.2 Tumbukan.....	47
1. Tumbukan Elastik sempurna.....	48
2. Tumbukan Tidak Elastik.....	48
3. Tumbukan Elastik sebagian.....	48
8.3 Soal-soal Latihan.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52

## I. SISTEM SATUAN DAN BESARAN

1.1. Besaran Pokok : adalah besaran yang tidak dapat didefinisikan dalam besaran-besaran lain, dinamakan juga Besaran Dasar.

Dalam (Sistem Internasional /SI) ada tujuh buah besaran dasar berdimensi dan dua buah besaran tambahan yang tidak berdimensi, yaitu :

1. Besaran Dasar :

No.	Besaran	Satuan Dasar	Singkatan	Dimensi
1.	Panjang	Meter	M	L
2.	Waktu	Second (detik)	s	T
3.	Massa	Kilogram	Kg	M
4.	Arus Listrik	Ampere	A	I
5.	Temperatur	Kelvin	K	O
6.	Jumlah Zat	Mol	Mol	Mol
7.	Intensitas Cahaya	Kandela	cd	Cd

2. Besaran Tambahan :

No.	Besaran	Satuan Dasar	Singkatan	Dimensi
1.	Sudut Datar	radian	rad	-
2.	Sudut Ruang	steradian	sr	-

3. Besaran Jabaran :

Besaran-besaran lain yang dapat didefinisikan melalui tujuh buah besaran Dasar, dinamakan juga dengan Besaran Turunan.

Contoh : Kecepatan, Percepatan, Gaya, Usaha, Energi, Impuls, Momentum, dll.

### 1.2 Sistem Satuan

2.1. Sistem Satuan Metrik : perubahan (konversi) dari skala lebih besar ke skala lebih kecil menggunakan angka 10 sebagai kelipatannya.

a). Sistem Metrik Statis

1). Metrik Statis Besar :

gaya dalam kilogram massa dalam smsb (satuan massa statis besar) panjang dalam meter

2). Metrik Statis Kecil :

gaya dalam gram  
 massa dalam smsk (satuan massa statis kecil)  
 panjang dalam cm

b). Sistem Metrik Dinamis (Sistem Internasional / SI)

1). Metrik Dinamis Besar (mks)

2). Metrik Dinamis Kecil (cgs)

Selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Besaran	Statis	Dinamis	Statis	Dinamis
Panjang	centimeter	centimeter	meter	meter
Massa	smsk	gram	smsb	kilogram
Gaya	gram	dyne	kilogram	newton

*Perbandingan Sistem Satuan Metrik Statis dengan Metrik Dinamis*

2.2. Sistem Keteknikan Inggris (British).

Hubungan antara skala besar ke skala lebih kecil tidak menggunakan angka sepuluh sebagai kelipatannya.

Satuan standard untuk :

a). Panjang : kaki , skala lebih besar : yard, mile.

b). Gaya : pon

c). Waktu : sekon

Besaran lain : kecepatan (knot = mile/jam), daya (HP atau PK), dll.

1.3 Besaran Fisika

Besaran Fisika terdiri dari Besaran Skalar dan Besaran Vektor.

3.1 Besaran Skalar : besaran-besaran Fisika yang cukup dinyatakan dengan besarnya saja, tidak mempunyai arah.

Contoh : luas, volume, usaha, daya, waktu, laju, massa dll.

3.2 Besaran Vektor : Besaran-besaran Fisika yang tidak cukup hanya dinyatakan dengan besar saja, tetapi juga harus dinyatakan dengan arahnya.

Contoh : kecepatan, percepatan, gaya, momentum, dll.

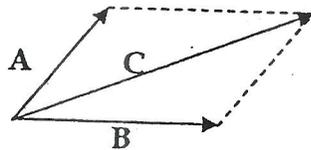
1.4 Vektor :

- a). Vektor dapat digambarkan berupa sebuah anak panah.
- b). Panjang anak panah menyatakan besar vektor
- c). Arah anak panah menyatakan arah vektor.
- d). Vektor dituliskan dengan huruf yang dibubuhi notasi vektor di atasnya
- e). Besar vektor dinyatakan dengan tanda mutlak pada vektor.

4.1. Aljabar Vektor

1. Penjumlahan / Pengurangan vektor

Jumlah dua vektor A dan B dengan satu titik tangkap :



$$C = A + B$$

Penjumlahan dengan metoda parallelogram.

Besar vektor C, yaitu :  $C = \sqrt{(|A|^2 + |B|^2 + 2|A||B|\cos\theta)}$

Untuk pengurangan vektor, sama dengan penjumlahan vektor, hanya dengan cara membalikkan arahnya (menegatifkan) vektor pengurang. Berkaitan dengan vektor diatas, berarti untuk :  $D = A - B = \{A + (-B)\}$ , sudut antaranya ( $\theta$ ), antara vektor A dan vektor -B

2. Perkalian Vektor.

a). Perkalian titik (dot product).

didefinisikan sebagai hasil kali skalar antara kedua vektor, dituliskan :

$$A \cdot B = |A| |B| \cos \theta$$

Dot product dari  $A \cdot B = B \cdot A$

dimana :  $|A|$  = besar vektor A dan  $|B|$  = besar vektor B  
 $\theta$  = sudut antara kedua vektor (A dan B)

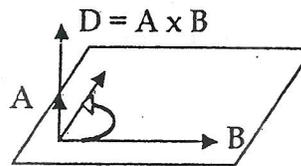
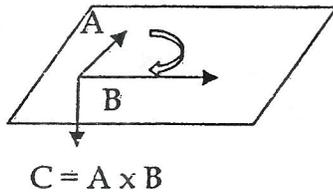
b). Perkalian silang (cross product).

didefinisikan sebagai hasil kali vektor antara kedua vektor, dituliskan :

$$A \times B = \{|A| |B| \sin \theta\} n$$

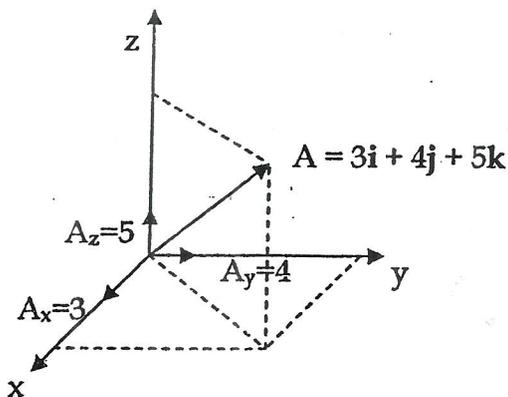
Cross product dari  $A \times B \neq B \times A$

dimana :  $n$  = unit vektor  $\perp$  bidang dimana kedua vektor berada, dan dengan arah aturan srup putar kanan.



Vektor satuan dalam Koordinat Kartesian.

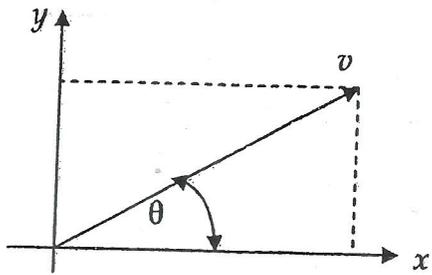
- a). Vektor satuan adalah vektor dengan panjang atau besar sama dengan satu.
- b). Untuk unit vektor pada sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  masing-masing adalah  $i$ ,  $j$ , dan  $k$ .
- c). Sifat unit vektor mengikuti sifat-sifat operasional vektor.
- d). Contoh vektor dalam unit vektor berikut :  $A = 3i + 4j + 5k$



Operasional vektor mengikuti aturan operasional vektor serta sifat-sifat dari unit vektor.

3. Komponen Suatu Vektor

Dalam metoda ini vektor-vektor diuraikan menjadi komponen dalam arah sumbu  $X$  dan sumbu  $Y$ .



$$v_x = v \cos \theta \text{ (proyeksi } v \text{ pada sumbu } x)$$

$$v_y = v \sin \theta \text{ (proyeksi } v \text{ pada sumbu } y)$$

$$\text{Besarnya vektor } v = v_x^2 + v_y^2$$

Arah vektor  $v$  ditentukan dengan menghitung besar sudut  $\theta$ , dimana :

$$\text{tg } \theta = v_y / v_x$$

Kesimpulan : Resultan dua buah vektor tergantung dari sudut antaranya.

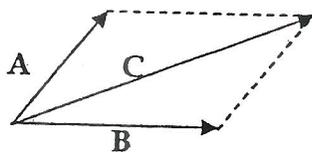
Contoh Soal :

1. Dua buah vektor masing-masing 5 unit dan 4 unit, membentuk sudut  $60^\circ$  satu sama lain, a). Berapakah besar vektor penjumlahan dan arahnya.

b). Selisih antara kedua vektor.

Jawab :

a). Penjumlahan vektor :

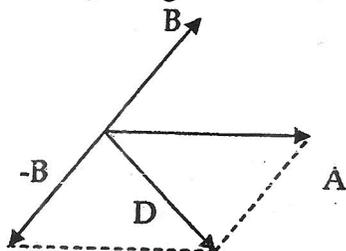


$$C = A + B$$

$$C = \sqrt{(|A|^2 + |B|^2 + 2|A||B|\cos 60^\circ)}$$

$$C = \sqrt{(|5|^2 + |4|^2 + 2|5||4|(0,5))} = \sqrt{61} = 7,81$$

b). Pengurangan vektor :



$$D = \sqrt{(|A|^2 + |-B|^2 + 2|A||B|\cos 120^\circ)}$$

$$D = \sqrt{(|5|^2 + |-4|^2 + 2|5||4|(-0,5))} = 4,58$$

1.5 Soal-soal latihan

1. Dua buah vektor dengan amplitudo 10 dan 15 unit mempunyai resultan sebesar 20 unit. Hitunglah besar sudut antara kedua vektor tersebut. Selanjutnya hitung pula resultan dari selisih kedua vektor diatas.
2. Resultan dari suatu operasi penjumlahan vektor sebesar 10 unit dan membentuk sudut sebesar  $30^\circ$  terhadap salah satu dari vektor yang mempunyai besar 12 unit. Hitunglah besar sudut antara kedua vektor serta besar vektor yang lain.
3. Buktikan bahwa hasil penjumlahan dan pengurangan dari dua buah vektor yang saling tegak lurus adalah sama besar.
4. Dari dua buah vektor yang dinyatakan dengan unit-unit vektor berikut :  
 $A = 3i - 4j + 2k$  dan  $B = 5i + 3j - k$ , maka hitunglah :
  - a). jumlah dan selisih kedua vektor
  - b). panjang (besar) masing-masing vektor
  - c). perkalian secara skalar antara kedua vektor
  - d). besar sudut terkecil antara kedua vektor
  - e). perkalian secara vektor antara kedua vektor.
5. Vektor C dituliskan  $C = 3i + 3j + 3k$ , dan dengan vektor A dan vektor B yang tertulis dalam soal no.4 diatas, hitunglah :
  - a).  $A \times (B \times C)$  dan  $(A \times B) \times C$ , selanjutnya bandingkan kedua hasilnya.
  - b). Volume yang dibatasi oleh ketiga vektor tersebut sebagai sisi-sisinya.
6. Seseorang mempunyai berat badan sebesar 60 kg. Dengan mengambil nilai percepatan gravitasi bumi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ , maka hitunglah massa orang tsb, jika :
  - a). menggunakan sistem satuan metrik statis.
  - b). menggunakan sistem satuan metrik dinamis (SI).
7. Tentukan jumlah angka berarti (angka penting) dari angka-angka hasil perhitungan berikut ini :  
a). 2,63   b). 0,0049   c).  $3,46 \times 10^{-6}$    d). 0,00000376   e). 247000   f). 34,785
8. Mana yang lebih teliti dari dua hasil pengukuran berikut ini :  
 $(2,78 \pm 0,2)$  dengan  $(2,77862 \pm 0,3518)$ . Berikan alasan anda dengan benar.
9. Hitunglah hasil luasan suatu benda yang mempunyai ukuran panjang dan lebar masing-masing sebesar 11,3 cm dan 6,8 cm. Selanjutnya tuliskan hasil tersebut dengan angka penting menurut perkiraan saudara.

## II. KINEMATIKA

Bagian dari mekanika yang mempelajari gerakan dari suatu benda tanpa meninjau penyebab dari gerakan tersebut.

### 2.1 Gerak Lurus

Bentuk lintasan Gerak Lurus berupa garis lurus, tempat benda selalu berubah dan bergerak dengan kecepatan  $v$  (velocity) adalah besaran vektor.

2.1.1 Kecepatan rata-rata : perpindahan atau perubahan posisi ( $\Delta x$ ) dibagi dengan waktu tempuhnya ( $\Delta t$ ), dituliskan :

$$v = \frac{(x_2 - x_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(\Delta x)}{(\Delta t)} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.1.2 Kecepatan sesaat : kecepatan benda (partikel) pada satu saat tertentu saja,

$$v = \frac{\text{limit } (\Delta x)}{\Delta t \rightarrow 0 (\Delta t)} = \frac{(dx)}{(dt)} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.1.3 Percepatan rata-rata : adalah laju perubahan kecepatan atau perubahan kecepatan dibagi dengan waktu yang diperlukan, dituliskan :

$$a = \frac{(v_2 - v_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(\Delta v)}{(\Delta t)} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.1.4 Percepatan sesaat : percepatan benda (partikel) pada saat tertentu saja :

$$a = \frac{\text{limit } (\Delta v)}{\Delta t \rightarrow 0 (\Delta t)} = \frac{(dv)}{(dt)} \dots\dots\dots(2.4)$$

### 1.1 Gerak Dipercepat Beraturan

Gerak benda dimana percepatan yang dialaminya tidak berubah sepanjang waktu. Dalam gerak ini percepatan sesaat sama dengan percepatan rata-ratanya.

Dari persamaan (2.4) :  $a = (dv / dt)$  ;  $(dv = a dt)$

Dengan memilih syarat batas pada saat  $t = 0$ ,  $v = v_0$  dan mengintegrasikan fungsi tersebut diperoleh persamaan berikut :

$$v = v_0 + at \dots\dots\dots(2.5)$$

Selanjutnya ditinjau persamaan (2.2),  $v = (dx/dt) \rightarrow dx = v dt$ , nilai  $v$  disubstitusi dengan persamaan (2.5).

Jika dipilih syarat batas : pada saat  $t = 0$ ,  $x = x_0$ , dan mengintegrasikan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$x = x_0 + v_0t + (1/2)at^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Substitusi nilai  $t$  dari persamaan (2.5) diatas, ke dalam persamaan (2.6), diperoleh :

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk syarat batas, saat  $t = 0$ ,  $x = 0$ , persamaan terakhir dapat dituliskan :

$$x = v_0t + (1/2)at^2 \quad \text{dan} \quad v^2 = v_0^2 + 2ax \dots\dots\dots(2.8)$$

Persamaan-persamaan diatas dikenal dengan Gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

Untuk benda mengalami perlambatan, persamaan diatas digunakan dengan mengambil nilai  $a < 0$  (negatif).

Beberapa pengertian :

- Benda diam (berhenti), berarti  $v = 0$
- Arah kecepatan  $v =$  arah gerak
- Jika kecepatan berubah berarti ada percepatan
- Percepatan ( $a$ ) = adalah besaran vektor
- Satuan percepatan : satuan jarak / (satuan waktu<sup>2</sup>)  
Misalnya : m/det<sup>2</sup>, m/jam<sup>2</sup>, dsb

Contoh-contoh Gerak Lurus Berubah Beraturan:

- a. Gerak Jatuh Bebas
- b. Gerak benda dilempar vertikal kebawah
- c. Gerak benda dilempar vertikal keatas

Pada ketiga macam gerak tersebut, jika gaya gesekan udara diabaikan, maka :

Semua benda mendapat percepatan yang sama ( $= g$ ) ditempat itu, dengan arah vertikal kebawah (tidak tergantung dari berat/massa benda), dimana :  $g$  = percepatan gravitasi bumi (tergantung pada tempat/posisi)

Perjanjian : jika  $g$  tidak disebutkan, anggap  $g = 10 \text{ m/det}^2$ ,

Untuk gerak vertikal :  $S_t = y = h$

Contoh soal :

1. Sebuah truk dari keadaan berhenti ( diam ) berjalan sehingga kecepatannya menjadi 36 km/jam. Apabila dalam proses ini diperlukan waktu selama 40 detik, hitung percepatan serta jarak yang telah ditempuh oleh truk tersebut.

Jawab :

$$v_0 = 0 \text{ (diam)}$$

$$v_t = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/det}$$

$$t = 40 \text{ detik}$$

Dari persamaan (2.6)., untuk percepatan dituliskan :

$$v_t = v_0 + a t \rightarrow$$

$$a = (v_t - v_0) / t = (10 \text{ m/det} - 0) / 40 \text{ det} = 0,25 \text{ m/det}^2$$

Percepatan truk sebesar  $0,25 \text{ m/det}^2$

Jarak yang telah ditempuh oleh truk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan jarak untuk gerak lurus berubah beraturan, yaitu :

$$S_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} (0,25 \text{ m/det}^2) (40 \text{ det}^2) = 200 \text{ m}$$

Jadi truk tersebut telah menempuh jarak sejauh 200 m dari saat mulai berjalan.

2. Sebuah mobil bergerak lurus dengan kecepatan 72 km/jam. Tiba-tiba pada jarak 25 meter didepannya terdapat mobil lain yang berhenti. Hitunglah perlambatan minimal yang harus diberikan agar mobil tersebut tidak menabrak mobil didepannya.

Jawab :

Diketahui :  $v_0 = 72 \text{ km/jam} = 72.000 \text{ m} / 3600 \text{ det} = 20 \text{ m/det}$

$$S = 25 \text{ m} ; v_t = 0$$

$$v_t = v_0 - at = 20 - at$$

$$0 = 20 - at \rightarrow at = 20 \dots\dots\dots(1)$$

$$S_t = v_0 t - (\frac{1}{2})at^2 \rightarrow 25 = 20(t) - (\frac{1}{2})(20)t$$

$$t = 25/10 = 2,5 \text{ det} \dots\dots\dots(2)$$

substitusi persamaan (2) kedalam persamaan (1), diperoleh :

$$at = 20 \longrightarrow a (2,5) = 20. \quad \text{Jadi } a = 20/2,5 = 8 \text{ m/det.}^2 \text{ (perlambatan)}$$

### 1.2 Gerak Lurus Beraturan (GLB) :

Adalah gerak benda dimana percepatan yang dialaminya sama dengan nol (tidak mengalami percepatan).

Persamaan geraknya dapat diperoleh dari persamaan gerak lurus berubah beraturan, dengan  $a = 0$  dan  $V$  tetap,

Dituliskan :

$$v = v_0 \text{ dan } x = S_t = v \cdot t \dots\dots\dots (2.9)$$

Contoh soal :

1. Mobil berjalan lurus dengan kecepatan tetap sebesar 36 km/jam, hitunglah jarak yang ditempuh mobil tersebut setelah berjalan selama 15 menit.

Jawab:

Kecepatan mobil  $v = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/det}$

Waktu perjalanan  $t = 15 \text{ menit} = 900 \text{ det}$

Jarak yang ditempuh :  $S = v \cdot t = 10 \text{ m/det} \times 900 \text{ det} = 9000 \text{ m} = 9 \text{ km}$ .

Jadi jarak yang ditempuh mobil setelah berjalan 15 menit sejauh 9 km.

2. Sebuah benda melakukan dua macam gerakan, yaitu :
  - a. Gerak lurus beraturan dengan kecepatan 6 m/det selama 3 detik, kemudian dilanjutkan dengan,
  - b. Gerak lurus diperlambat dengan perlambatan 3 m/det<sup>2</sup>
 Berapa kecepatan rata-rata benda tersebut (dari awal hingga berhenti).

Jawab :

Kecepatan rata-rata : perubahan jarak dibagi perubahan waktu

a). GLB :  $S_{t1} = v \cdot t = 6 \text{ m/det} \times 4 \text{ det} = 24 \text{ m}$

b). GLBB :  $v_t^2 = v_0^2 + 2a S_t$   
 $0 = (6)^2 + 2 \cdot 3 \cdot S_t \longrightarrow S_{t2} = 6 \text{ m}$

$$S_t = S_{t1} + S_{t2} = 24 \text{ m} + 6 \text{ m} = 30 \text{ m}$$

$$S_t = v_0 t_2 - \frac{1}{2} a t^2 \longrightarrow S_{t_2} = 6 \cdot t_2 - \frac{1}{2} 3 t_2^2$$

$$6 = 6 \cdot t_2 - \frac{1}{2} 3 t_2^2 \longrightarrow t_2^2 - 4 t_2 + 4 = 0$$

$$(t_2 - 2)(t_2 - 2) = 0 \longrightarrow t_2 = 2 \text{ detik,}$$

jadi  $v = (24 + 6) / (4 + 2) = 5 \text{ m/det}$

### 1.3 Gerak Jatuh Bebas.

- a). Salah satu contoh dari gerak lurus berubah beraturan (glbb).
- b). Percepatan yang dialami adalah percepatan gravitasi bumi
- c). Bentuk persamaannya sama dengan glbb, dengan mengganti  $a = g$ .
- d). Untuk gerak turun mengalami percepatan, sedangkan untuk gerak naik mengalami perlambatan.  $\Delta t \rightarrow 0$
- e). Persamaan geraknya adalah sebagai berikut :

Persamaan kecepatan :  $v = v_0 \pm gt \dots\dots\dots(2.10)$

Persamaan posisi :  $h = v_0 t \pm \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots(2.11a)$

$v^2 = v_0^2 + 2 g S_t \dots\dots\dots(2.11b)$

Gerak jatuh bebas (kebawah) dapat ditulis :

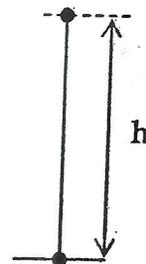
$v_0 = 0$                        $a = g$                        $S_t = h$

Rumus-rumus diatas menjadi :

$v_t = gt$

$h = \frac{1}{2} gt^2$

$v_t^2 = 2gh$

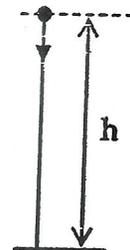


Gerak benda dilempar kebawah (dengan kecepatan awal  $v_0$ )

$v_t = v_0 + gt$

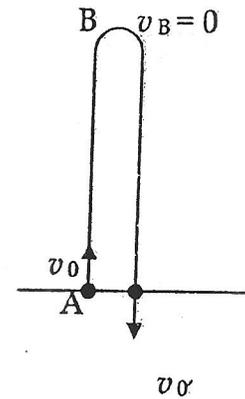
$h = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$

$v_t^2 = v_0^2 + 2gh$



Gerak benda dilempar vertikal keatas  
 Percepatan =  $g$ , dengan arah kebawah  
 Jika kita menganggap ada dua gerakan, yaitu :

- Gerak keatas : diperlambat, kecepatan makin berkurang, dan berhenti sesaat dititik tertinggi B ( $v_B = 0$ )
- Gerak kebawah ; dipercepat, kecepatan makin bertambah



Sifat-sifat :

1. Waktu keatas = waktu kebawah ( $t_{AB} = t_{BA}$ )
2. Laju keatas = laju kebawah (pada suatu titik tertentu)

Rumus-rumus diatas menjadi :

$$v_t = v_0 - gt$$

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 - 2gh$$

Contoh soal :

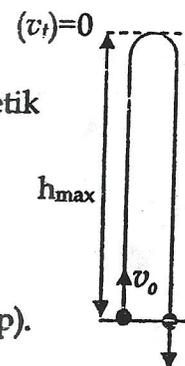
Sebuah batu dilempar vertikal keatas dari tanah dengan kecepatan awal 30 m/det. Dengan mengabaikan gesekan udara dan  $g = 10 \text{ m/det}^2$ ,

Selanjutnya hitunglah :

- a. Waktu batu melayang diudara
- b. Tinggi maksimum yang dicapai oleh batu
- c. Kecepatan batu jatuh ditanah
- d. Kecepatan batu dititik tertinggi
- e. Percepatan batu dititik tertinggi

Penyelesaian :

- a.  $v_t = v_0 - gt \longrightarrow 0 = 30 - 10t \longrightarrow t = (30/10) = 3 \text{ detik}$   
 waktu batu melayang =  $2 \times t_{\text{naik}} = 2 \times 3 \text{ detik} = 6 \text{ detik}$
- b.  $h_{\text{max}} = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 = 30(3) - \frac{1}{2}(10)(3)^2 = 45 \text{ m}$
- c.  $v_t = v_0 + gt = 0 + (10)(30) \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$ .
- d. Kecepatan batu di titik tertinggi ( $v_t = 0$ )
- e. Percepatan batu di titik tertinggi (a) =  $g = 10 \text{ m/s}^2$  (tetap).



*Ikhtisar persamaan gerak lurus :*

Persamaan dasar Gerak benda	Untuk nilai $a = 0$ (tidak mengalami percepatan)	Untuk $a = g$ (percepatan gravitasi bumi = $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
Gerak lurus berubah Beraturan (glbb)	Gerak lurus beraturan (glb)	Gerak jatuh bebas (gjb)
$v = v_0 \pm at$	$v = v_0$ (tetap)	$v = v_0 \pm gt$
$S = v_0 t \pm (\frac{1}{2})at^2$	$S = v_0 t = vt$	$h = v_0 t \pm (\frac{1}{2})gt^2$

**2.2. Gerak Relatif**

Kecepatan relatif suatu benda terhadap benda lain, bila keduanya bergerak (relatif terhadap bumi) adalah selisih vektor antara kecepatan-kecepatan kedua benda tersebut (relatif terhadap bumi).

Ditinjau kecepatan benda A adalah  $V_A$  dan kecepatan benda B adalah  $V_B$ .

a). Kecepatan benda A relatif terhadap benda B adalah :

$$V_{AB} = V_A - V_B \dots\dots\dots(2.12)$$

b). Kecepatan benda B relatif terhadap benda A adalah :

$$V_{BA} = V_B - V_A \dots\dots\dots(2.13)$$

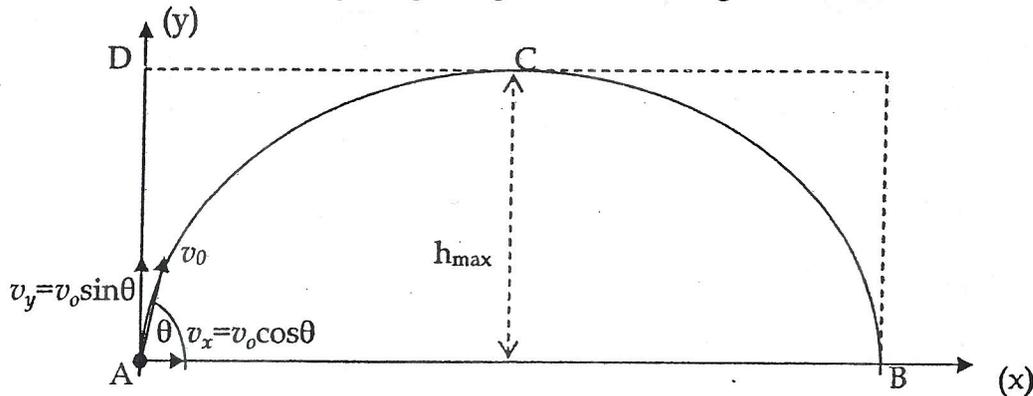
c). Persamaan (2.12), dapat ditulis sebagai penjumlahan vektor antara vektor kecepatan  $V_B$  dengan vektor kecepatan  $V_{AB}$ , yaitu :

$$V_A = V_B + V_{AB} \dots\dots\dots(2.14)$$

artinya kecepatan benda A (relatif terhadap bumi) adalah jumlah vektor dari kecepatan benda B (relatif terhadap bumi) dengan kecepatan benda A relatif terhadap benda B.

2.3. Gerak Peluru / Gerak Parabola.

- a). Gerak benda dengan lintasan parabola.
- b). Arah gerak horizontal tidak dipengaruhi percepatan gravitasi bumi ( $g$ ), berarti bahwa komponen kecepatan ke arah horizontal besarnya tetap (*identik dengan persamaan gerak lurus beraturan/glb*).
- c). Arah gerak vertikal dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi ( $g$ ), yang berarti bahwa arah gerak vertikal memenuhi persamaan gerak dipercepat beraturan atau gerak jatuh bebas. (*identik dengan glbb / gjb*).
- d). Bentuk lintasannya dapat digambarkan sebagai berikut :



Waktu untuk setengah lintasan :  $t_{OD} = t_{OA} = t_{OC} = t_{DO} = t_{CB} = t_{AB}$

1. Arah gerak vertikal (sumbu y):

$$v_y = v_0 \sin \theta \pm gt \dots\dots\dots(2.15)$$

$$h = v_0 \sin \theta t \pm (\frac{1}{2}) gt^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

2. Arah gerak horizontal (sumbu x).

$$v_x = v_0 \cos \theta \dots\dots\dots(2.17)$$

$$x = S = (v_0 \cos \theta) t \dots\dots\dots(2.18)$$

Substitusi dari persamaan-persamaan diatas, diperoleh persamaan:

a). Tinggi maksimum yang dicapai benda :

$$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2(\theta)}{2g} \dots\dots\dots(2.19)$$

b). Jarak tembak maksimum, sampai benda jatuh di tanah kembali :

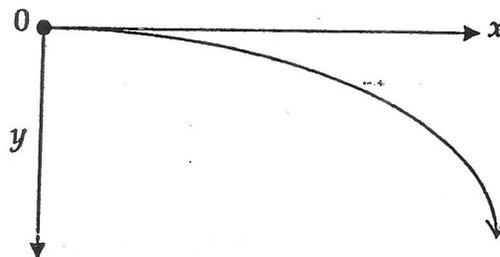
$$S_{OB} = \frac{v_o^2 \sin(2\theta)}{g} \dots\dots\dots(2..20)$$

Ikhtisar persamaan gerak parabola :

	Gerak Parabola	Waktu setengah lintasan (t)
Gerak jatuh bebas (gjb)	Gerak parabola Arah sumbu-y	$t = v_o \sin \theta / g$
$v = v_o \pm gt$	$v = v_o \sin \theta \pm gt$	Tinggi maksimum ( $h_{max}$ )
$h = v_o t \pm (1/2)gt^2$	$h = v_o \sin \theta t \pm (1/2)gt^2$	$h_{max} = v_o^2 \sin^2 \theta / 2g$
Gerak lurus beraturan (glb)	Gerak parabola Arah sumbu-x	Jarak mendatar ( $S_x$ )
$v = v_o$ (tetap)	$v_x = v_o \cos \theta$ (tetap)	$S_x = v_o^2 \sin 2\theta / g$
$S = v_o t = v t$	$S = v_x t = v_o \cos \theta t$	

a). Sebuah benda yang dilempar mendatar :

Jika gaya gesekan udara diabaikan maka benda akan melakukan gerak parabola (peluru), percepatan = g, dengan arah kebawah



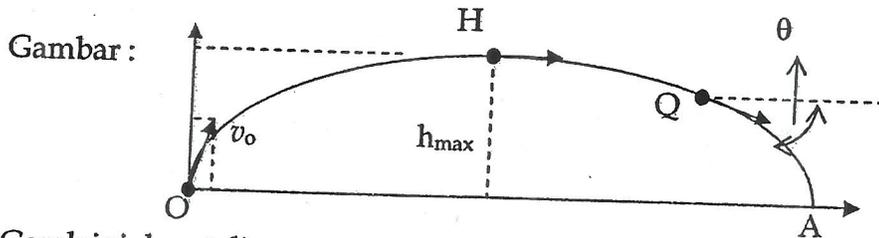
Gerak Peluru (parabola) dapat dianggap sebagai gabungan gerak tersusun dua macam gerak, yaitu :

1. Gerak mendatar ( Horizontal). Pada arah sumbu x merupakan gerak lurus beraturan dengan kecepatan :

$v_x = v_o$  (tetap), dimana  $v_o$  adalah kecepatan awal  
 $S_x = x = v_x \cdot t$

2. Gerak Vertikal pada arah sumbu  $y$ , merupakan gerak jatuh bebas.  
 $h = S_y = \frac{1}{2} g t^2$

- b). Benda dilempar keatas dengan sudut tertentu :  
 Benda akan bergerak dengan gerak parabola  
 Percepatan gravitasi =  $g$  arah kebawah



Gerak ini dapat dianggap terdiri dari dua macam gerak :

1. Gerak mendatar (horizontal) pada arah sumbu  $x$   
 Berupa gerak lurus beraturan (GLB) dengan kecepatan  
 $v_x = v_0 \cos \theta_0$  (tetap)
2. Gerak Vertikal pada arah sumbu  $y$   
 Berupa gerak lurus berubah beraturan (GLBB)

$$v_x = v_0 \cos \theta_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 - gt$$

$$\left. \begin{array}{l} v_x = v_0 \cos \theta_0 \\ v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 - gt \end{array} \right\} \rightarrow v_Q^2 = v_x^2 + v_y^2 \Rightarrow \text{Arah kecepatan di titik Q adalah : } \theta = \text{arc. tan } (v_y/v_x)$$

Kecepatan pada titik tertinggi (titik H)

$$v_x = v_0 \cos \theta_0$$

$$v_y = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} v_x = v_0 \cos \theta_0 \\ v_y = 0 \end{array} \right\} \rightarrow v_H = v_x = v_0 \cos \theta_0 \text{ (dengan arah mendatar)}$$

Ingat kecepatan pada titik tertinggi  $h_{\max} \neq 0$  ( $V_H \neq 0$ )

$$\text{Jarak lempar } x = OA = (v_0 \cos \theta_0)(t)$$

Jadi  $x$  (OA) maksimum jika  $2\theta = 90^\circ \rightarrow \theta = 45^\circ$

Dengan kecepatan awal  $v_0$  tertentu, jarak maksimum dicapai jika  $\theta = 45^\circ$

Contoh Soal :

1. Sebuah peluru ditembakkan dengan kecepatan awal 50 m/det, dan dengan sudut elevasi sebesar  $60^\circ$ . Jika percepatan grafitasi bumi diambil sebesar  $g = 10 \text{ m/det}^2$ , hitung tinggi maksimum serta jarak tembak mendatar peluru tersebut.

Jawab :

Tinggi maksimum peluru :  $h_{\max}$

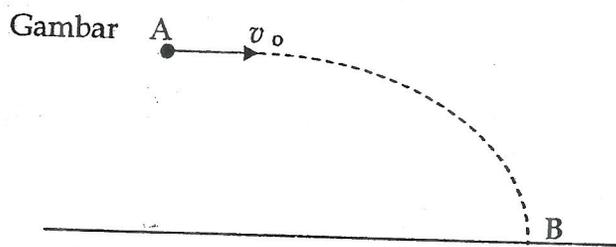
$$h_{\max} = \frac{v_o^2 \sin^2(\theta)}{2g} = \frac{(50)(50)(\sin 60)(\sin 60)}{2(10)} = 93,75 \text{ m}$$

Jarak mendatar  $X = S_{OB}$

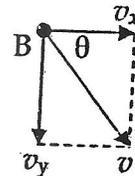
$$S_{OB} = \frac{v_o^2 \sin 2\theta}{g} = (50)^2 \sin (120) / 10 = 216,5 \text{ m}$$

2. Sebuah bola menggelinding diatas meja dan meninggalkan tempatnya dengan kecepatan 5 m/det. Jika tinggi meja tersebut 0,75 m dan percepatan gravitasi bumi sebesar 10 m/det<sup>2</sup>, dimanakah bola akan jatuh serta hitung kecepatan (besar dan arah) bola saat jatuh diatas lantai.

Jawab :



Posisi benda saat mengenai titik B



Dari rumus (2.10), yaitu  $h = \frac{1}{2} gt^2$ , maka waktu jatuh bola :

$$t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(2 \times 0,75) / 10 \text{ m/det}^2} = 0,39 \text{ detik}$$

$$\text{Jarak mendatar : } S_t = v_x \cdot t = 5 \text{ m/det} \times 0,39 \text{ det} = 1,95 \text{ m}$$

Kecepatan arah sumbu x tetap sebesar  $v_x = 5 \text{ m/det}$

Kecepatan arah sumbu y :  $v_y = g \cdot t = 10 \text{ m/det}^2 \times 0,39 \text{ det} = 3,9 \text{ m/det}$ .

$$\text{Kecepatan total} = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)} = \sqrt{\{(5)^2 + (3,9)^2\}} = 6,34 \text{ m/det}$$

Arah kecepatan :  $\theta = \text{arc tan } (v_y/v_x) = \text{arc. tan } (3,9/5) = 38^\circ$  (lihat gambar)

Jadi bola jatuh pada posisi 1,95 m dari kaki meja dengan kecepatan 6,34 m/det.

2.4. Soal-soal Latihan

1. Mobil berjalan dengan kecepatan 72 km/jam. Tiba-tiba pada jarak 50 m di depannya ada orang tua menyeberang jalan. Hitung perlambatan minimal motor tersebut agar tidak menabrak orang yang sedang menyeberang jalan.
2. Pesawat dapat tinggal landas jika kecepataannya 180 km/jam. Mesin pesawat dapat memberikan percepatan 4 m/s<sup>2</sup>. Jika panjang landas pacunya 400 m, dapatkah pesawat tersebut tinggal landas ?
3. Mobil berjalan dengan kecepatan 36 km/jam. Pada jarak 20 m di depannya ada motor berjalan searah dengan kecepatan 18 km/jam. Mobil akan mendahului motor tersebut dengan percepatan 2 m/s<sup>2</sup>. Kapan dan dimana saat motor dan mobil pada posisi berdampingan ?. Hitung kecepatan mobil saat berdampingan dengan motor tersebut ?.
4. Sebuah mobil sedan berjalan dengan kecepatan tetap sebesar 72 km/jam. Pada jarak 100 m didepannya terdapat mobil truk yang berjalan dengan kecepatan tetap sebesar 36 km/jam. Agar mobil tidak menabrak truk, hitung perlambatan minimal yang harus diberikan. Selanjutnya tentukan posisi ketika mobil berada tepat di belakang truk tsb.!
5. Seseorang mengejar KA yang berhenti di stasiun. Ketika ia berada 20 m dibelakangnya, KA berjalan dengan percepatan 0,8 m/s<sup>2</sup>. Ternyata ia masih dapat mengejar dan naik KA. Jika ia lari dengan kecepatan konstan, kapan dan dimana orang tersebut dapat naik KA.
6. Bola dijatuhkan dari puncak gedung dan sampai di dasar gedung perlu waktu 3 detik. Hitunglah jarak yang ditempuh bola selama 1 detik terakhir.
7. Bola A dijatuhkan dari atas gedung setinggi 50 m. Pada saat yang sama bola B dilemparkan vertikal keatas dengan kecepatan awal 30 m/s. Kapan, dimana, dan berapa kecepatan masing-masing bola saat ketemu.
8. Dalam tendangan bebas, bola ditendang dengan kecepatan tertentu dan sudut elevasi sebesar 37° terhadap bidang datar. Hitunglah perbandingan jarak dalam arah datar sampai bola jatuh ke tanah kembali dengan tinggi maksimum yang dicapai oleh bola tersebut.
9. Dari bagian tepi puncak gedung setinggi 30 m sebuah bola dilemparkan dengan kecepatan awal 30 m/s dan sudut elevasi 30° terhadap bidang datar. Hitunglah tinggi maksimum yang dicapai oleh bola tersebut. Hitung pula vektor kecepatan bola ketika mengenai dasar gedung

### III. DINAMIKA PARTIKEL

Bagian dari mekanika yang mempelajari gerakan benda benda serta penyebab benda tersebut bergerak.

#### 3.1 Hukum-Hukum Newton :

Hukum Newton I (Kelembaman).

Setiap benda akan tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali jika ia dipaksa untuk mengubah keadaan tersebut oleh gaya-gaya yang berpengaruh kepadanya.

Atau, jika tidak ada resultan gaya yang bekerja pada benda, maka percepatannya (a) adalah nol (tidak mengalami percepatan).

Hukum Newton II (Percepatan).

Apabila resultan gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda tidak sama dengan nol, maka benda tersebut akan bergerak dengan suatu percepatan.

Atau, percepatan yang timbul pada sebuah benda karena dipengaruhi oleh gaya F akan sebanding dengan gaya F tersebut, dituliskan :

$$a = (F / m) \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana F adalah gaya (Newton, dyne), dan m adalah massa (kg, gram).

*Pengertian Hukum Newton II melalui pengertian perubahan momentum.*

Perubahan momentum benda terhadap waktu, sebanding dengan gaya tersebut (*Momentum adalah perkalian massa dan kecepatannya*)

$$F = \left(\frac{dp}{dt}\right) = \frac{d(mv)}{dt} = m \cdot \frac{d(v)}{dt} = ma \dots\dots\dots(3.2)$$

Hukum Newton III (Aksi Reaksi)

Apabila dua benda berinteraksi satu dengan yang lain, maka gaya yang dilakukan oleh benda pertama terhadap benda kedua (F<sub>12</sub>), sama besar dan berlawanan arah dengan gaya yang dilakukan oleh benda kedua terhadap benda pertama (F<sub>21</sub>), dituliskan :

$$F_{12} = - F_{21} \dots\dots\dots(3.3)$$

3.2 Gaya-gaya Kontak (Gaya Gesekan)

3.2.1 Gaya gesek statik.

- a). Gaya gesek yang bekerja pada benda, selama benda masih diam.
- b). Bersifat pasif, artinya :  
Muncul bila benda diberikan gaya luar  
Apabila gaya luar yang bekerja pada benda lebih kecil dari pada gaya gesek statik maksimumnya, besar gaya gesek statik sama dengan besar gaya luar (besar gaya gesek statik mengikuti besar gaya luar yang bekerja.)
- c). Besar gaya gesek statik maksimum,  $(f_s)_{max}$  adalah :

$$(f_s)_{max} = \mu_s N \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana :  $\mu_s$  = koefisien gesek statik, angka (nilai) yang menyatakan kasar halus nya kedua permukaan kontak selama benda masih diam.  
N = gaya Normal

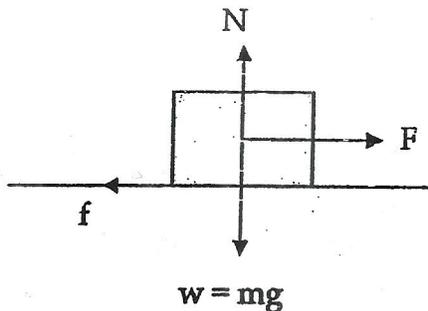
3.2.2 Gaya gesek kinetik.

- a). Gaya gesek yang bekerja pada benda, setelah benda bergerak.
- b). Besar gaya gesek kinetik,  $(f_k)$  adalah :

$$(f_k) = \mu_k N \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana :  $\mu_k$  = koefisien gesek kinetik, angka (nilai) yang menyatakan kasar halus nya kedua permukaan kontak setelah benda bergerak.

Nilai  $\mu_k < \mu_s$  dan batasan nilai dari koefisien gesek :  
 $0 \leq \mu_k < \mu_s \leq 1$



- w = gaya berat (Newton, dyne)
- F = gaya luar (Newton, dyne)
- N = w = mg
- f = gaya gesekan (statik / kinetik)
- N = gaya Normal

### 3.3. Elastisitas

Benda elastis : ialah jika suatu benda diberikan gaya maka akan berpengaruh pada bentuk benda tersebut, setelah gaya dihilangkan bentuk benda kembali seperti semula.

Benda plastis : jika bentuk benda tidak dapat kembali seperti semula setelah gaya dihilangkan.

Modulus Elastisitas (Y) :

adalah perbandingan antara tegangan (stress) dengan regangan (strain).

Tegangan : besar gaya yang bekerja pada tiap satuan luas penampang suatu batang ( $F/A$ ), dimana  $F$  = gaya dan  $A$  adalah luas penampang.

Regangan : perbandingan antara pertambahan panjang suatu batang terhadap panjang mula-mula bila pada batang tersebut bekerja gaya.

$$Y = \frac{(F/A)}{(\Delta l / l)} \dots\dots\dots(3.6)$$

$\Delta l$  = pertambahan panjang batang (m, cm)

$l$  = panjang batang mula-mula (m, cm)

### 3.4 Hukum Hooke

Menurut Hook : Jika pegas diberi suatu gaya, pegas akan bertambah panjang sebanding dengan besar gaya yang diberikan pada pegas tersebut Sifat ini dinamakan hukum Hook, dituliskan :

$$F = kx \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana :  $x$  = pertambahan panjang pegas (m, cm)  
 $F$  = gaya yang bekerja pada pegas (N, dyne)  
 $k$  = konstanta gaya pegas (N/m, dyne/cm)

Pegas akan memberikan gaya reaksi sebesar :

$$F = -kx \dots\dots\dots(3.7)$$

Tanda negatif menunjukkan arah gaya reaksi berlawanan dengan arah gaya penyebabnya, dan kedua gaya sama besar.

Ringkasan :

1. Hukum-hukum Newton

1. Hukum Newton I (Kelembaman).

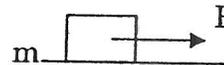
Jika  $F = 0$ , maka  $a = 0$  (benda tidak mengalami percepatan).  
Kemungkinan kondisi benda :

1. diam (jika mula-mula diam)
2. bergerak lurus beraturan / glb (jika mula-mula glb).

2. Hukum Newton II (Percepatan).

Jika  $F \neq 0$  (ada gaya luar yang bekerja), maka  $a \neq 0$ .

Percepatan benda :  $a = F/m$



3. Hukum Newton III (Aksi-Reaksi).

Gaya reaksi = - gaya aksi

2. Gaya-gaya Kontak (gaya gesekan)

1. Gaya Gesek Statik ( $f_s$ )

- 1.1. Bekerja selama benda masih diam
- 1.2. Bersifat pasif :
  - a. hanya ada jika ada gaya luar yang bekerja
  - b. jika gaya luar  $< (f_s)_{max}$  benda masih diam  
akibatnya :  $f_s = F_{luar}$
  - c. jika gaya luar  $> (f_s)_{max}$  benda bergerak.
- 1.3. Gaya gesek statik maksimum :  $(f_s)_{max} = \mu_s N$

2. Gaya Gesek Kinetik ( $f_k$ )

- 2.1. Bekerja setelah benda bergerak
- 2.2. Gaya gesek kinetik :  $(f_k) = \mu_k N$

Catatan :

Apabila sejumlah gaya-gaya dengan beberapa arah bekerja pada sebuah benda, dimana benda dalam keadaan bergerak mendatar, maka uraikanlah gaya-gaya tersebut pada arah mendatar (sumbu x) dan pada arah vertikal (sumbu y).

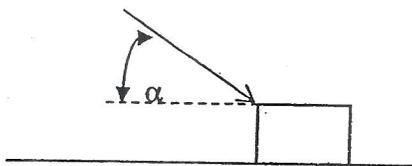
- Resultan gaya pada arah mendatar menyebabkan percepatan, ditulis :  

$$\sum F_x = m \cdot a$$
- Resultan gaya (uraian gaya) pada arah vertical (sumbu Y) akan saling mengimbangi, ditulis :  $\sum F_y = 0$ .

Contoh soal

- Benda bermassa 4 kg didorong oleh gaya  $F = 30$  Newton diatas lantai yang licin dengan arah  $\text{tg } \alpha = \frac{3}{4}$  (lihat gambar), selanjutnya, tentukan :
  - Percepatan benda
  - Gaya normal yang dilakukan lantai pada benda

Jawab :



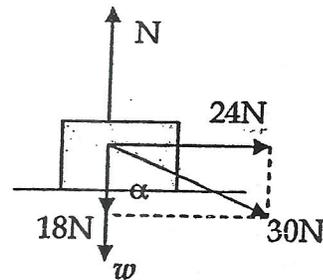
$$\begin{aligned} \sum F_x &= F \cdot \cos \alpha = 30 \text{ N} \left(\frac{4}{5}\right) = 24 \text{ N} \\ \sum F_y &= F \cdot \sin \alpha = 30 \text{ N} \left(\frac{3}{5}\right) = 18 \text{ N} \end{aligned}$$

- Gaya resultan pada arah sumbu x (mendatar) :

$$\begin{aligned} \sum F_x &= m \cdot a \\ 24 &= 4 \cdot a \rightarrow a = 6 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

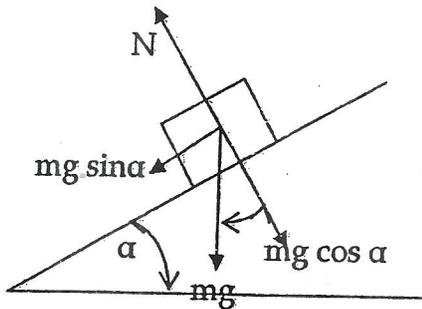
- Gaya resultan pada arah sumbu y (vertikal) :

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ N - w - F \sin \alpha &= 0 \\ N - 40 - 18 &= 0 \rightarrow \text{Jadi } N = 58 \text{ Newton} \end{aligned}$$



Sehingga besar gaya normal yang dilakukan oleh lantai pada benda = 58 N

- Sebuah benda bermassa  $m$ , meluncur diatas bidang miring licin. Sudut kemiringan bidang  $\alpha$ , dan percepatan gravitasinya  $g$ .  
 Tentukan :
  - Percepatan benda tersebut
  - Gaya normal oleh benda miring pada benda



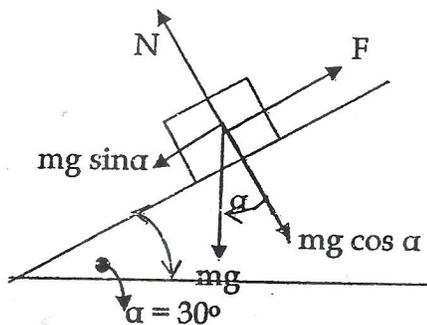
$$\begin{aligned} \text{a). } \Sigma F_x &= m \cdot a \\ m \cdot g \sin \alpha &= m \cdot a \\ a &= g \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b). } \Sigma F_y &= 0 \\ N - m \cdot g \cos \alpha &= 0 \\ N &= m \cdot g \cos \alpha \end{aligned}$$

3. Sebuah balok bermassa 10 kg bergerak keatas pada bidang miring yang licin, dengan kecepatan tetap sebesar 15 m/det. Gerakan tersebut karena didorong oleh gaya F sejajar bidang miring. Hitunglah :
- a). Arah dan besar gaya (F).      b). Gaya normal

Jawab :

- a). Balok bergerak dengan kecepatan tetap  $\rightarrow a = 0 \rightarrow \Sigma F_x = 0$



$$\begin{aligned} F - mg \sin \alpha &= 0 \\ F &= mg \sin \alpha = (10)(10) \sin 30^\circ \\ F &= 50 \text{ N} \end{aligned}$$

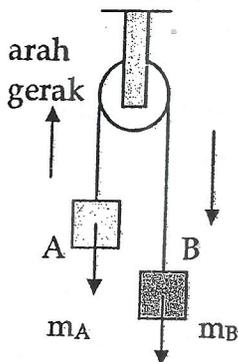
(dengan arah keatas, sepanjang bidang miring.)

$$\begin{aligned} \text{b). } \Sigma F_y &= 0 \\ N - m \cdot g \cdot \cos \alpha &= 0 \\ N &= m \cdot g \cdot \cos \alpha \rightarrow N = (10) \cdot (10) \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} = 50\sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$

4. Diketahui :  $m_A = 8 \text{ kg}$ ,  $m_B = 12 \text{ kg}$   
Kedua massa tersebut digantungkan pada sebuah katrol yang licin dengan tali yang massanya diabaikan, katrol dalam keadaan diam dan tegangan seluruh tali sama, jika  $g = 10 \text{ m/det}^2$ .

- Hitung :
- a). percepatan kedua benda  
b). kecepatan kedua benda pada saat 0,5 detik setelah bergerak dari keadaan diam.

Jawab :



a). Pandanglah masing-masing benda tersebut

$$\Sigma F_x = m \cdot a$$

Pada benda A:  $T - 80 = 8 \cdot a$

Pada benda B:  $120 - T = 12 \cdot a$

$$\hline 40 = 20 a$$

Jadi  $a = 2 \text{ m/det}^2$

b). Keadaan balok mula-mula diam :

$$v_t = v_0 + a t$$

$$v_t = 0 + 2 \cdot (0,5) = 1 \text{ m/det}$$

c). Jarak yang ditempuh masing-masing benda selama 5 detik :

$$S_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a t^2$$

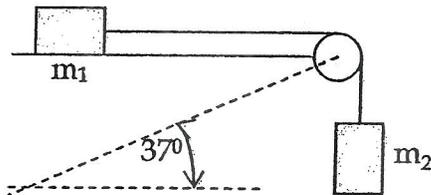
$$= 0 + \frac{1}{2} \cdot (2) \cdot (5)^2 = 25 \text{ meter}$$

Jarak yang ditempuh oleh masing-masing benda 25 m

### 3.5. Soal-soal Latihan

1. Balok dengan massa 2 kg terletak pada bidang datar. Jika balok ditarik mendatar dengan gaya 5 N. Hitung gaya gesek statik dan kinetiknya. Diketahui  $\mu_s$  dan  $\mu_k$  masing-masing sebesar 0,3 dan 0,2. Percepatan gravitasi bumi ( $g$ ) =  $10 \text{ m/s}^2$ .
2. Ulangi soal No.1. diatas jika gaya yang diberikan diperbesar menjadi 10 N.
3. Sebuah balok dengan massa 5 kg meluncur diatas bidang datar dengan kecepatan 2 m/s. Setelah menempuh jarak 1 m ternyata balok tersebut berhenti. Dengan mengambil nilai percepatan gravitasi bumi ( $g$ ) sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ , hitunglah besar koefisien gesek kinetik antara balok dengan bidang datar tersebut.

4. Dua buah balok masing-masing dengan massa 3 kg dan 2 kg dihubungkan dengan sebuah tali. Melalui pusat massa balok 2 kg, sistem ditarik dengan gaya sebesar 20 N. Jika koefisien gesek statik dan kinetik antara balok-balok dengan bidang datar masing-masing sebesar 0,4 dan 0,5, hitung percepatan sistem serta tegangan tali penghubung antara kedua balok tersebut !
5. Pada sistem seperti gambar berikut, hitunglah percepatan sistem dan tegangan tali penghubung kedua balok tersebut. Diketahui  $\mu_s$  dan  $\mu_k$  masing-masing sebesar 0,6 dan 0,5.



Pada sistem tersebut, massa tali dan katrol diabaikan.

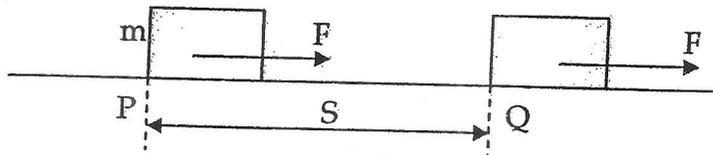
Diketahui :  $m_1 = 3 \text{ kg}$  dan  $m_2 = 2 \text{ kg}$ .

6. Dari soal No.5 diatas, hitung percepatan & tegangan tali bila balok  $m_1$  diletakkan diatas bidang miring dengan kemiringan bidang sebesar  $37^\circ$  terhadap bidang datar. Selanjutnya agar balok yang digantung dapat meluncur ke bawah dengan percepatan  $1 \text{ m/s}^2$ , berapakah seharusnya massa balok ini ?.
7. Sebuah balok dengan massa  $m$  diluncurkan diatas bidang datar dengan kemiringan tertentu. Jika balok tersebut dapat meluncur dengan kecepatan konstan bila sudut kemiringan bidang sebesar  $37^\circ$ , hitung besar koefisien gesek antara balok dengan bidang datar.

## IV. USAHA DAN ENERGI

### 4.1. Usaha (W)

Ditinjau balok massa  $m$  diatas bidang datar, ditarik mendatar dengan gaya  $F$ ,



Usaha ( $W$ ) = hasil kali antara gaya ( $F$ ) dengan jarak pergeseran yang dialami oleh balok ( $s$ ), dituliskan :

$$W = F \cdot s \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana :  $F$  = gaya yang bekerja pada balok (Newton, dyne)

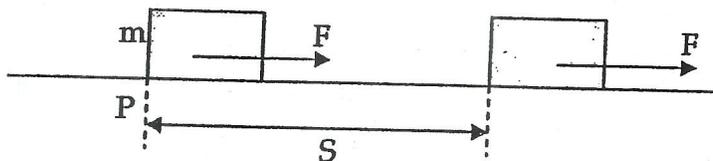
$s$  = perpindahan yang dialami oleh balok (m, cm)

$W$  = usaha yang telah dilakukan oleh gaya (N.m = joule,

atau dyne.cm = erg). 1 joule =  $10^7$  erg.

Jika arah gaya membentuk sudut terhadap bidang datar, besar gaya yang memberikan kontribusi usaha adalah komponen ke arah perpindahan benda.

### 4.2. Daya (P)



waktu =  $t$  detik

Daya ( $P$ ) = kecepatan untuk melakukan usaha, atau usaha yang dilakukan selama interval waktu tertentu, dituliskan :

$P = \Delta W / \Delta t$ , dan untuk interval waktu sangat kecil ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) maka

$$P = (dW/dt) = (d F \cdot s/dt) = F \cdot (ds/dt) = F \cdot v \dots\dots\dots(4.2)$$

dimana :  $W$  = usaha yang dilakukan (joule, erg) dan  $t$  = waktu (sekon)

$P$  = daya (joule/det = watt, atau erg/detik).

4.3. Energi (E).

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha, atau usaha yang tersimpan.

4.3.1 Energi Kinetik ( $E_K$ ) : energi yang dimiliki oleh benda karena geraknya atau karena kecepatannya.

Dari definisi  $a = (dv/dt)$ , dan substitusi  $a = (F/m)$  serta mengintegrasikannya, dengan syarat batas : pada saat  $t = 0$  nilai  $v = v_0$ , akan diperoleh persamaan :

$$F.t = mv - mv_0 \dots\dots\dots(4.3)$$

Dimana : ruas kanan =  $mv - mv_0$  = perubahan momentum, yaitu momentum awal ( $mv_0$ ) dikurangi dengan momentum akhir ( $mv$ ), ruas kiri =  $F.t$  = Impuls gaya, yaitu gaya kali waktu yang diperlukan.

Dari definisi  $v = (dy/dt)$ , dan substitusi persamaan (4.3) dalam bentuk  $v$  dan  $t$ , Serta mengintegrasikannya dengan syarat batas saat  $t = 0$ , nilai  $y = y_0$  diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$F(y - y_0) = \frac{1}{2}(mv^2) - \frac{1}{2}(mv_0^2) \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana : ruas kiri didefinisikan sebagai usaha yang telah dilakukan oleh gaya terhadap benda. Ruas kanan adalah perubahan energi kinetik benda. Dari persamaan (4.4) didefinisikan bentuk :  $\frac{1}{2}(mv^2)$  sebagai energi kinetik.

Jadi : Energi Kinetik =  $E_K = \frac{1}{2}(mv^2) \dots\dots\dots (4.5)$

4.3. 2 Energi Potensial ( $E_P$ ) : adalah energi yang dimiliki oleh benda disebabkan karena posisi ketinggian relatifnya.

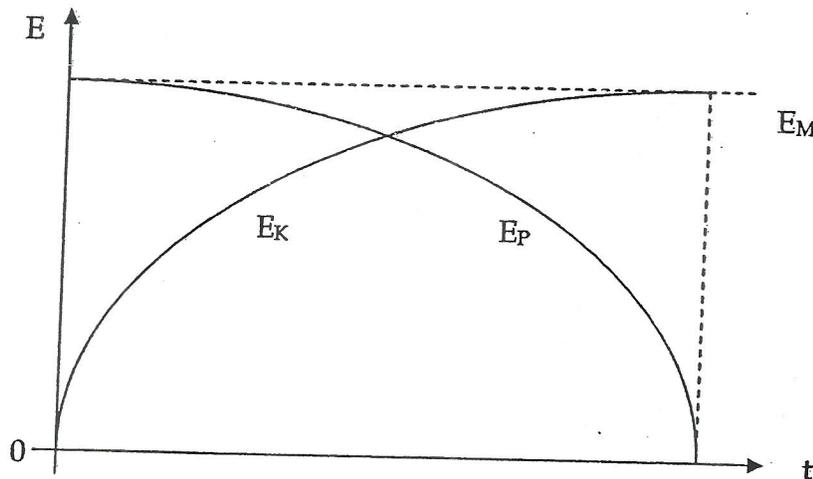
Dari ruas kiri persamaan (4.4),  $(y - y_0) = h$  sebagai posisi ketinggian relatif, dan  $F = w = m.g$  adalah gaya berat benda, sehingga energi potensial dituliskan :

$$\text{Energi Potensial} = E_P = mgh \dots\dots\dots(4.6)$$

4.3.3 Energi Mekanik ( $E_M$ ) : adalah jumlah antara energi kinetik dengan Energi potensial, dituliskan :

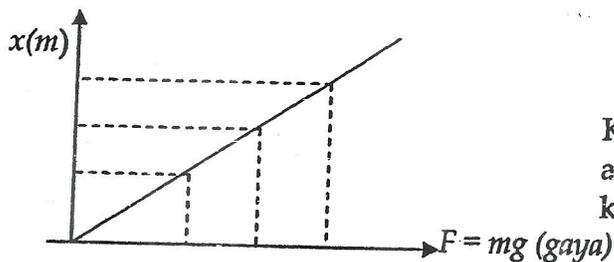
$$E_M = E_K + E_P = \frac{1}{2}(mv^2) + mgh \dots\dots\dots(4.7)$$

- Jumlah energi mekanik selalu tetap, dikenal sebagai Hukum Kekekalan Energi Mekanik.
- Hukum Kekekalan Energi Mekanik berlaku, jika tidak ada perubahan kebentuk energi lain (energi gesekan, panas, dsb).
- Berikut digambarkan grafik  $E_M$  benda yang dilemparkan vertikal keatas



### 3.4. Pegas

- Pegas salah satu ujungnya ditambatkan pada tempat tetap, ujung lain ditambahkan beban seberat  $m$ , pegas akan bertambah panjang sebesar  $x$ . Menurut Hook, pertambahan panjang memenuhi persamaan :  $F = mg = kx$ .
- Dengan menambah nilai beban, akan diperoleh grafik sbb. :



Kemiringan grafik =  $\Delta x / \Delta F$   
 adalah nilai dari  $(1/k)$ , dimana  
 $k$  adalah konstanta pegas.

- Jika dari posisi setimbang ditarik lagi kebawah sejauh  $x$ , usaha yang dilakukan sebesar :  $W = \int F dx$ , yang apabila disubstitusi dengan persamaan (3.6) diperoleh persamaan :  $W = \frac{1}{2}(kx^2)$ . Usaha yang dilakukan, disimpan sebagai Energi potensial pegas.

4. Jadi Energi Potensial Pegas :

$$E_p = \frac{1}{2}(kx^2) \dots\dots\dots(4.8)$$

Contoh soal :

1. Sebuah balok ditarik dengan seutas tali dengan gaya 50 N, Jika tali ini membentuk sudut 30° terhadap bidang horizontal, hitunglah usaha yang diperlukan untuk memindahkan balok tersebut bergeser pada bidang horizontal sejauh 10 meter.

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Usaha } W &= F.S = (F.\text{Cos } \alpha) S \\ &= (50 \text{ N}) \text{Cos } 30^\circ \times (10 \text{ meter}) \\ &= 250 \text{ N.m} = 250 \text{ Joule} \end{aligned}$$

2. Balok dengan massa 5 kg yang mula-mula diam diatas bidang datar yang licin diberikan gaya mendatar sebesar 20 N. Hitunglah kecepatan balok setelah bergerak sejauh 4 meter.

Jawab :

Usaha yang dilakukan oleh gaya sama dengan perubahan energi kinetik

$$W = E_{kin2} - E_{kin1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 =$$

$$F.S = \frac{1}{2} m v_2^2 - 0$$

$$v_2^2 = 2 F S / m = 2 \times 20 \text{ N} \times 4 \text{ meter} / 5 \text{ kg} = 32 \text{ m}^2 / \text{det}^2$$

$$v_2 = 5,66 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan balok setelah bergerak sejauh 4 meter sebesar 5,66 m/det.

**3.5. Soal-soal Latihan**

1. Sebuah batu dengan massa 0,5 kg dilemparkan vertikal keatas dengan kecepatan awal 30 m/det. Apabila ternyata batu tersebut mencapai tinggi maksimum sebesar 35 m, hitunglah energi yang hilang karena gesekan udara selama batu melintas sampai tinggi maksimum. Berapakah tinggi maksimum yang seharusnya dapat dicapai oleh batu tersebut seandainya tidak ada gesekan udara.
2. Sebuah peluru bermassa 100 gram ditembakkan dengan senapan laras panjang dan mengenai sebatang pohon. Ternyata peluru dapat masuk kedalam batang pohon sedalam 10 cm. Apabila kecepatan peluru saat mengenai batang pohon sebesar 100 m/det., hitunglah gaya gesek rata-rata batang pohon terhadap peluru tersebut.
3. Sebuah batu dengan massa 0,5 kg dijatuhkan dari atas pohon setinggi 4 m pada segundukan pasir yang berada di dasar pohon. Jika batu dapat masuk kedalam pasir sedalam 5 cm., hitung gaya rata-rata pasir terhadap batu untuk menghentikan laju batu tersebut.
4. Sebuah batu dengan massa 0,5 kg dijatuhkan diatas pegas yang dipasang vertikal pada bidang datar dari ketinggian 2 m. Apabila pegas yang digunakan mempunyai harga konstanta gaya pegas sebesar 500 N/m, hitunglah deformasi maksimum yang dapat dialami oleh pegas tersebut.

## V. GERAK MELINGKAR

Gerak melingkar adalah gerakan dari suatu partikel dengan lintasan berbentuk lingkaran.

### 5.1. Kecepatan :

a). Kecepatan linear ( $v$ ) : kecepatan yang arahnya selalu menyinggung (berimpit) dengan lintasan yang dilaluinya. Selalu tegak lurus arah jari-jarinya.

b). Kecepatan sudut ( $\omega$ ) : sudut yang ditempuh tiap satuan waktu.

Vektor posisi P dinyatakan dengan :

$$r = ir \cos \omega t + jr \sin \omega t \dots\dots\dots(5.1)$$

Vektor kecepatan :  $v = (dr/dt)$ ,  
dengan mengambil nilai skalarnya,  
diperoleh persamaan :

$$v = \omega r \dots\dots\dots(5.2)$$

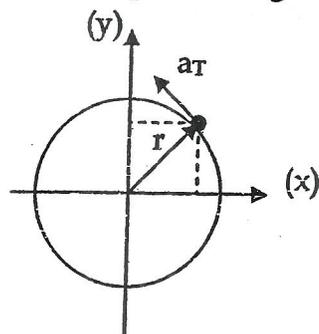
dimana :  $r$  = jari-jari lingkaran (m, cm), dan  $\omega$  = kecepatan sudut (radian/s).

### 5.2. Percepatan :

5.2.1 Percepatan sudut ( $\alpha$ ) : perubahan kecepatan sudut tiap satuan waktu.

$$\alpha = (d\omega/dt) \dots\dots\dots(5.3)$$

5.2.2. Percepatan Tangensial ( $a_T$ ) : percepatan yang searah dengan vektor



kecepatan (berimpit dengan lintasan),  
dituliskan :

$$a_T = (dv/dt) = r \alpha \dots\dots\dots(5.4)$$

5.2.3. Percepatan radial / centripetal / normal :

adalah percepatan yang menuju ke pusat lingkaran, berfungsi untuk mengubah vektor kecepatan, dituliskan :

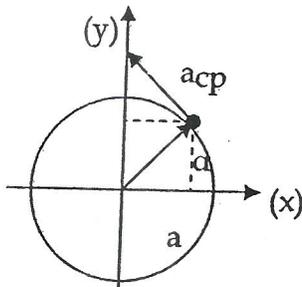
$$a_R = (v^2/r) = \omega^2 r \dots\dots\dots(5.5)$$

Persamaan (5.5), diperoleh dengan mendiferensialkan vektor kecepatan.

5.2.4. Percepatan total ( $a_{total}$ ) : penjumlahan vektor dari percepatan radial dengan percepatan tangensial, dituliskan :

$$a_{total} = \sqrt{(a_R^2 + a_T^2)} \dots\dots\dots(5.6)$$

5.2.5. Percepatan Centrifugal ( $a_{cf}$ ) : adalah percepatan yang dirasakan oleh partikel yang mengalami gerak melingkar.  
(percepatan reaksi dari percep. Centripetal)



$$a_{cf} = - a_{cp} \dots\dots\dots(5.7)$$

$$a_{cf} = - (v^2 / r) = - \omega^2 r$$

5.3. Perioda (T) :

Perioda adalah waktu yang diperlukan untuk melintasi satu kali putaran penuh.

$$T = (2\pi r)/v = (2\pi/\omega) \dots\dots\dots(5.8)$$

5.4. Frekuensi (f) :

1. Jumlah putaran yang dilakukan oleh benda tiap satuan waktu.
2. Frekuensi merupakan besaran kebalikan dari perioda, sehingga mempunyai satuan sepersatuan waktu ( 1/detik ) = Hertz (Hz).
3. Satuan lain : rpm = revolusi permenit, yaitu jumlah putaran yang terjadi setiap menit
4. Persamaan untuk frekuensi :

$$f = (1/T) = v/(2\pi r) = (\omega/2\pi) \dots\dots\dots(5.9)$$

5.5. Macam Gerak Melingkar

1. Gerak melingkar beraturan (gmb).
  - a). Gerak melingkar dengan kelajuan atau kecepatan sudut konstan.
  - b). Persamaan geraknya dapat dianalogikan dengan persamaan gerak lurus beraturan (glb), seperti pada tabel berikut ini :

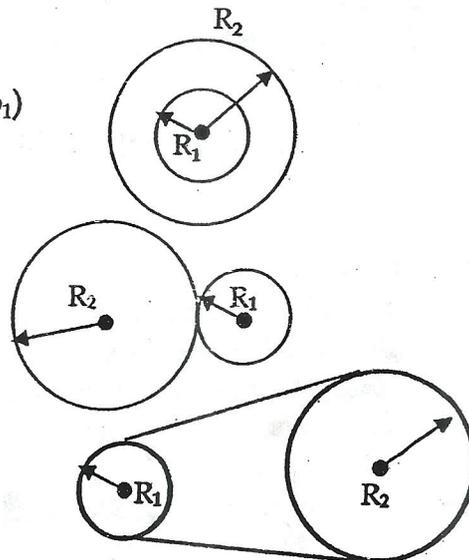
Gerak lurus beraturan	Gerak melingkar beraturan
$S = v t$	$\theta = \omega t$

2. Gerak melingkar berubah beraturan (gmbb) :
  - a). Gerak melingkar dengan percepatan sudut konstan
  - b). Persamaan geraknya dapat diperoleh dengan menganalogikan persamaan gerak lurus berubah beraturan, seperti pada tabel :

Gerak lurus berubah beraturan	Gerak melingkar berubah beraturan
$a = (dv/dt)$	$\alpha = (d\omega/dt)$
$v = (ds/dt)$	$\omega = (d\theta/dt)$
$v = v_0 \pm at$	$\omega = \omega_0 \pm \alpha t$
$S = v_0 t \pm \frac{1}{2} (at^2)$	$\theta = v_0 t \pm \frac{1}{2} (\alpha t^2)$
$v^2 = v_0^2 \pm 2ax$	$\omega^2 = \omega_0^2 \pm 2 \alpha x$

5.6. Susunan Roda-roda

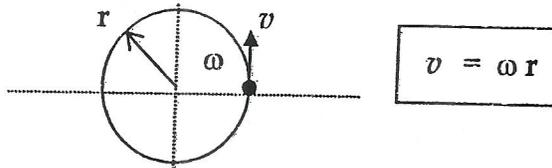
1. Sepusat :
  - a). Kecepatan sudutnya sama besar ( $\omega_2 = \omega_1$ )
  - b). Untuk  $R_2 > R_1$ , maka :  $v_2 > v_1$
2. Bersinggungan :
  - a). Kecepatan linearnya sama besar ( $v_2 = v_1$ )
  - b). Untuk  $R_2 > R_1$ , maka :  $\omega_2 < \omega_1$
3. Terhubung dengan rantai (sabuk)
  - a). Kecepatan linearnya sama besar ( $v_2 = v_1$ )
  - b). Untuk  $R_2 > R_1$ , maka :  $\omega_2 < \omega_1$



Ringkasan Gerak Melingkar.

1. Kecepatan :

1. Kecepatan linear ( $v$ )



2. Kecepatan sudut ( $\omega$ )

2. Percepatan.

1. Percepatan linear / tangensial ( $a_T$ )

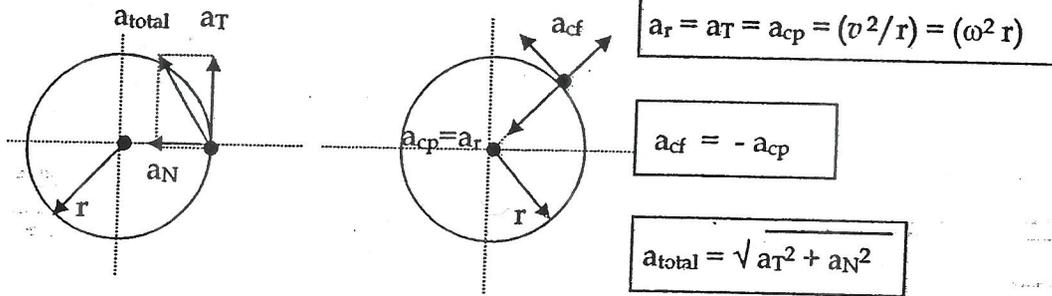
2. Percepatan radial / normal / centripetal ( $a_R = a_N = a_{cp}$ )

3. Percepatan total ( $a_{total}$ )

4. Percepatan sudut ( $\alpha$ )

5. Percepatan centrifugal ( $a_{cf}$ )

$$a_T = \alpha r$$



3. Macam gerak melingkar :

1. Gerak melingkar beraturan (gmb)  $\equiv$  gerak lurus beraturan (glb)

$$\theta = \omega t \quad \equiv \quad s = vt$$

2. Gerak melingkar berubah beraturan (gmbb)  $\equiv$  glbb

Glb	Gmbb
$v = v_0 \pm at$	$\omega = \omega_0 \pm at$
$S = v_0 t \pm (1/2)at^2$	$\theta = \omega_0 t \pm (1/2) \alpha t^2$

3. Gerak melingkar sembarang.

4. Perioda (T) :

$$T = (2\pi r)/v = (2\pi/\omega)$$

5. Frekuensi (f) :

$$f = (1/T)$$

Contoh Soal :

1. Sebuah piringan hitam dengan diameter 25 cm berputar dengan kecepatan sebesar 30 rpm. Hitung kecepatan linier pada tepi piringan dan, hitung pula percepatan centripetal yang dialami piringan hitam tersebut.

Jawab :

Diketahui :  $D = 25 \text{ cm}$ , sehingga jari-jari piringan  $= D/2 = 12,5 \text{ cm}$   
 Frekuensi putar 30 rpm = 30 putaran/menit  
 $= 30 \text{ put}/60 \text{ det} = 0,5 \text{ put}/\text{det}$   
 Kecepatan sudut  $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 0,5 \text{ put}/\text{det} = \pi \text{ rad}/\text{det}$   
 Kecepatan linier  $v = \omega R = \pi \text{ rad}/\text{det} \times 12,5 \text{ cm} = 12,5 \pi \text{ rad}/\text{det}$   
 Percepatan Centripetal  $= a_R = \omega^2 R = v^2/R = (\pi \text{ rad}/\text{det})^2 \times 12,5 \text{ cm}$   
 $= 123,4 \text{ cm}/\text{det}^2$

2. Sebuah kipas angin berputar dengan frekuensi 200 putaran/menit, jika listrik dimatikan ternyata 2 menit kemudian kipas tersebut berhenti, hitung jumlah putaran yang ditempuh oleh kipas tersebut, serta percepatan angulairnya

Jawab :

$T = 2 \text{ menit} = 2 \times 60 \text{ detik} = 120 \text{ detik}$   
 $f = 200 \text{ put}/\text{menit} = 200/60 \text{ put}/\text{det} = 10/3 \text{ put}/\text{det}$   
 Kecepatan sudut  $\omega_0 = 2\pi f = 2\pi \times 10/3 \text{ put}/\text{det} = (20/3 \pi) \text{ put}/\text{det}$   
 Setelah berhenti, maka ( $\omega_t = 0$ );  
 $\omega_t = \omega_0 - \alpha t$   
 $\alpha = (\omega_0 / t) = 20\pi \text{ rad}/\text{det} : 120 \text{ det} = \pi/18 \text{ rad}/\text{det}^2$   
 $\theta = \omega_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2$   
 $= (20/3 \pi) \text{ put}/\text{det} \times 120 \text{ det} - \frac{1}{2} (\pi/18 \text{ rad}/\text{det}^2) (120 \text{ det})^2$   
 $= 400 \pi \text{ rad}$ .

Jumlah putaran  $N = \theta/2\pi = 200 \text{ putaran}$

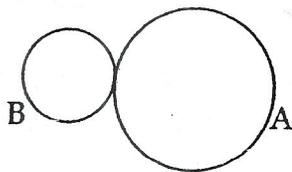
3. Bola pejal dengan massa 0,5 kg dan jari-jari 20 cm menggelinding dengan kecepatan linier 5 m/det. Hitung energi kinetik yang dipunyai oleh bola tersebut.

Jawab :

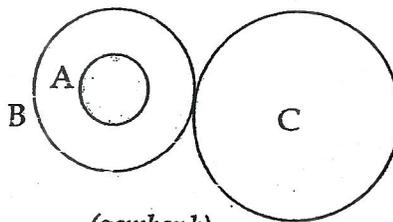
$R = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$   
 Energi kinetik translasi  $E_t = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ kg} (5 \text{ m}/\text{det})^2 = 6,25 \text{ Joule}$   
 Momen kelembaman bola pejal :  
 $I = \frac{2}{5} m r^2 = 2/5 \cdot 0,5 \text{ kg} \times (0,2 \text{ m})^2 = 8 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$   
 Energi kinetik rotasi :  
 $E_R = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} I (v/r)^2 = \frac{1}{2} (8 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot 2\text{m}) \times (5 \text{ m}/\text{det})^2 / 0,2 \text{ m}^2 = 2,5 \text{ Joule}$   
 Jadi Energi kinetik bola  $= E_t + E_R = 6,25 \text{ Joule} + 2,5 \text{ Joule} = 8,75 \text{ Joule}$

5.7 Soal-soal Latihan

1. Sebuah roda dengan diameter 40 cm berputar dengan frekuensi putar 120 rpm. Hitunglah kecepatan linear dan percepatan centripetal yang dialami oleh roda tersebut.
2. Sebuah roda dipercepat beraturan, sehingga kecepatan sudutnya bertambah dari 30 rad/s menjadi 60 rad/s dalam waktu 10 detik. Hitunglah percepatan sudut dan sudut yang telah ditempuh dalam peristiwa tersebut. Selanjutnya jika jari-jari roda sebesar 30 cm, hitung jarak linear yang telah ditempuh roda.
3. Sebuah CD dengan diameter 20 cm berputar dengan frekuensi putar 90 rpm. Saat sumber dimatikan, dalam waktu 30 detik CD tersebut berhenti. Hitunglah percepatan sudut dan percepatan tangensial pada CD tersebut. Selanjutnya hitung pula percepatan radial yang dialami CD saat 15 detik.
4. Sebuah titik mengalami lintasan lingkaran dengan persamaan :  $s = t^3 + 2t^2$  s dalam m dan t dalam detik. Jika pada saat  $t = 2$ s, percepatan total yang dialami oleh titik tersebut sebesar  $(16\sqrt{2})$  m/s<sup>2</sup>, hitung jari-jari lintasan yang dialami oleh titik tersebut.
5. Sebuah roda mula-mula diam dipercepat beraturan sehingga 10 detik kemudian kecepatannya menjadi 90 rpm, dan selanjutnya roda dibiarkan berputar dengan kecepatan konstan selama 5 menit. Akhirnya roda direm dan dalam waktu 30 detik, roda tersebut berhenti. Jika diameter roda tersebut sebesar 80 cm., hitunglah jarak linear yang telah ditempuh oleh roda tersebut.
6. Pada gambar berikut, hitunglah kecepatan sudut dan linear roda A.



(gambar a)



(gambar b)

Diketahui :

Jari-jari roda A, B dan C masing-masing 90 cm., 60 cm dan 180 cm.

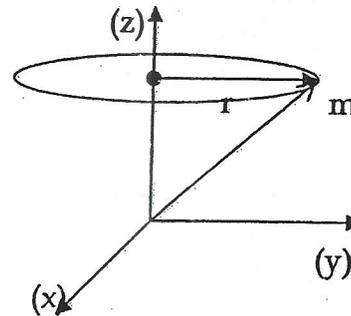
- a). Pada gambar (a) roda B berputar dengan frekuensi putar 30 rpm.
- b). Pada gambar (b) roda C berputar dengan frekuensi putar 60 rpm.

## VI. GERAK ROTASI

### 6.1. Momen Kelembaman

Suatu partikel (benda tegar) bermassa  $m$  berotasi terhadap suatu titik yang berjarak  $r$  dari pusat massa  $m$ , maka kelajuan dari benda ini sebesar :

$$v = \omega r$$



Energi kinetiknya sebesar :  $E_K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (\omega^2 r^2) \dots\dots\dots(6.1)$

Untuk  $n$  buah partikel, misalkan  $m_1, m_2, m_3 \dots, m_n$ , dengan kecepatan linear masing-masing  $v_1, v_2, v_3 \dots, v_n$ , maka persamaan (1) diatas dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} E_K &= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n v_n^2 = \sum (\frac{1}{2} m_n v_n^2) \\ &= \frac{1}{2} m_1 \omega_1^2 r_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \omega_2^2 r_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n \omega_n^2 r_n^2 \\ &= \sum \frac{1}{2} (m_i r_i^2) \omega^2 \dots\dots\dots(6.2) \end{aligned}$$

Faktor  $\sum m_i r_i^2$ , adalah penjumlahan dari perkalian antara massa dan kwadrat jari-jari (jarak terhadap sumbu) yang selanjutnya didefinisikan sebagai : Momen Kelembaman, dituliskan :

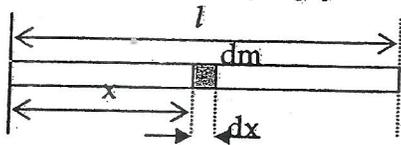
$$I = \sum (m_i r_i^2) = \sum m r^2 \dots\dots\dots(6.3)$$

Untuk partikel yang tidak diskrit, tetapi merupakan suatu distribusi massa yang kontinu, maka bentuk  $\sum (m_i r_i^2)$  harus diubah menjadi bentuk Integrasi. Misalkan suatu benda dapat dibagi-bagi menjadi elemen-elemen yang kecil sekali Masing-masing mempunyai massa  $dm$  dan mempunyai jarak  $r$  terhadap suatu sumbu putar, maka momen kelembaman dapat dituliskan sebagai :

$$I = \int r^2 dm \dots\dots\dots(6.4)$$

Contoh soal :

- 1). Sebuah tongkat tipis dengan panjang  $l$  dan massa  $m$ , diambil sumbu yang tegak lurus pada salah satu ujungnya, maka :



$$\Delta m = (\Delta x / l) m$$

untuk  $\Delta x$  yang kecil, maka

$$\Delta m \approx dm \text{ sehingga :}$$

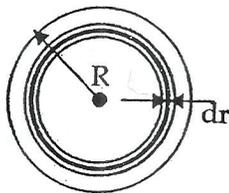
$$dm = (m/l) dx$$

Jadi momen kelembaman tongkat tersebut menjadi :

$$I = \int r^2 dm = \int_0^l (x^2)(m/l) dx = (m/l) \int_0^l x^2 dx = (m/l) (1/3)x^3 \Big|_0^l$$

$$I = (1/3) m l^2 \dots\dots\dots (6.5)$$

- 2). Suatu lempeng tipis berbentuk cakram dengan massa  $M$  dan jari-jari  $R$  akan dihitung momen kelembaman thd. sumbu dari pusat lempeng dan tegak lurus bidang lempeng tersebut (lihat gambar).



$h =$  tebal cakram

Misalkan untuk tebal yang tipis, maka massa sebanding dengan luasannya, sehingga :

$$dL = 2\pi r dr \gg \gg dV = h dL = 2\pi r h dr$$

dari persamaan :  $\rho = (M/V) \gg \gg M = \rho V$

$$dM = \rho dV = \rho h dL = \rho h (2\pi r dr)$$

$$\begin{aligned} \text{Momen kelembaman : } I &= \int r^2 dM = \int_0^R r^2 \rho h (2\pi r dr) = 2\pi \rho h \int_0^R r^3 dr = 2\pi \rho h (1/4 r^4) \Big|_0^R \\ &= (\pi h R^4 / 2) (\rho h) = 1/2 MR^2 \end{aligned}$$

Jadi momen kelembaman lempeng cakram :  $I = 1/2 MR^2 \dots\dots\dots (6.6)$

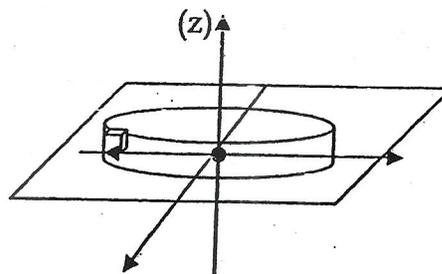
6.2. Teori sumbu sejajar.

Suatu lempeng tipis berotasi dalam bidangnya sendiri (bidang  $xy$ ), sekitar titik  $O$ .  
Tiap titik bergerak dalam lingkarannya masing-masing dengan kelajuan :

$$v_i = \omega r_i$$

Dari gambar dapat dituliskan :

$$r_i = r_C + r_i'$$



dan dari bentuk ini dapat diperoleh bentuk umum sebagai berikut :

$$I_Z = I_{CM} + m r_C^2 \dots\dots\dots(6.7)$$

*Teori Sumbu Sejajar secara umum.*

Momen kelembaman terhadap suatu sumbu yang sembarang adalah sama dengan momen kelembaman terhadap suatu sumbu yang sejajar melalui pusat massa, ditambah dengan massa benda dikalikan dengan kwadrat jarak antara kedua sumbu tersebut, dituliskan sebagai berikut :

$$I = I_C + m h^2 \dots\dots\dots (6.8)$$

Dimana  $h$  : jarak antara kedua sumbu.

Dari persamaan (2) diatas, yaitu  $E_K = \sum \frac{1}{2} (m_i r_i^2) \omega^2$  merupakan bentuk dari energi Kinetik dari benda yang mengalami gerak rotasi, dengan bentuk  $\sum (m_i r_i^2)$  adalah Momen kelembaman dari benda .

Secara umum untuk benda tegar yang mengalami rotasi mempunyai energi kinetik rotasi sebesar :

$$E_K = \frac{1}{2} I \omega^2 \dots\dots\dots(6.9)$$

**6.3. Teori Sumbu Tegak lurus.**

Momen kelembaman untuk suatu lapis bidang tegar terhadap suatu sumbu yang normal pada bidang itu adalah sama dengan jumlah dari momen kelembaman thd. dua sumbu sembarang yang tegak lurus satu sama lain dan terletak pada bidang itu, dua garis ini berpotongan pada sumbu normal, dituliskan :

$$I = I_x + I_y \dots\dots\dots(6.10)$$

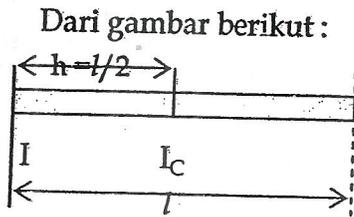
dimana :  $I_x = \sum m_i y_i^2$  dan  $I_y = \sum m_i x_i^2$

$$I_x + I_y = \sum m_i y_i^2 + \sum m_i x_i^2 = \sum m_i (y_i^2 + x_i^2) = \sum m_i r_i^2.$$

*Contoh soal :*

- 1). Akan dihitung momen kelembaman tongkat tipis panjang  $l$  dengan massa  $m$  terhadap sumbu yang melalui pusat massanya.

Penyelesaian :



$$I = (1/3)ml^2$$

Dari teori sumbu sejajar :  $I = I_C + mh^2$

$$I_C = I - mh^2 = (1/3)ml^2 - m(l/2)^2 = (1/12) ml^2.$$

Jadi :  $I_C = (1/12) m l^2$

- 2). Akan dihitung momen kelembaman dari kulit silinder tipis terhadap sumbu sembarang, yaitu terhadap garis singgung tepi silinder (lihat gambar).

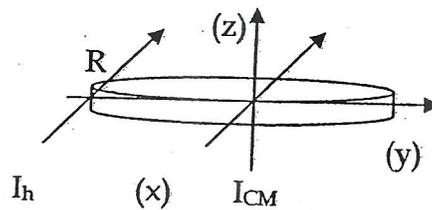
Penyelesaian :

$$I_z = mR^2 \text{ dengan } I_z = I_x + I_y \text{ dan } I_x = I_y$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{2} I_z = \frac{1}{2} mR^2.$$

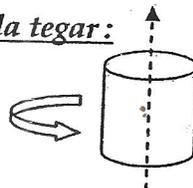
Untuk momen kelembaman thd. garis singgung :

$$I_h = I_{CM} + mR^2 = I_x + mR^2 = \frac{1}{2} mR^2 + mR^2 = (3/2).mR^2.$$

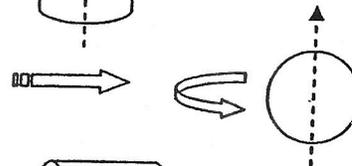


Momen kelembaman beberapa bentuk benda tegar :

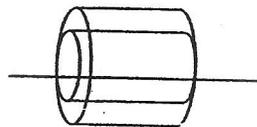
- 1). Silinder pejal :  $I = \frac{1}{2}mR^2$



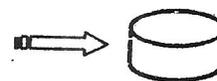
- 2). Bola pejal :  $I = (2/5) mR^2$



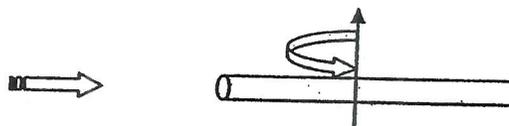
- 3). Silinder berongga :  $I = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$



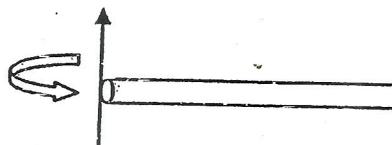
- 4). Kulit silinder :  $I = \frac{1}{2} mR^2$  (berdinding tipis)



- 5). Tongkat tipis (thd. sumbu melalui pusat  $\perp$  tongkat) :



- 6). Tongkat tipis (tegak lurus dari bagian tepi tongkat) :



Contoh soal :

1. Sebuah silinder pejal dengan massa 1 kg dan jari-jari 20 cm., menggelinding pada bidang datar dengan kecepatan linear sebesar 2 m/det. Hitunglah energi kinetik total yang dimiliki oleh silinder pejal tersebut.

Jawab :

Silinder pejal menggelinding berarti memiliki energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi.

$$\text{Energi kinetik translasi : } E_{Kt} = \frac{1}{2} m v^2 = (\frac{1}{2})(1)(2)^2 \text{ joule} = 2 \text{ joule.}$$

$$\text{Momen inersia silinder} = I = \frac{1}{2} m r^2 = (\frac{1}{2})(1 \text{ kg})(0,2\text{m})^2 = 0,02 \text{ kg.m}^2$$

$$\text{Kecepatan sudut silinder berotasi} = \omega = (v/r) = (2 \text{ m/s})/(0,2)\text{m} = 10 \text{ rad/s}$$

$$\text{Energi kinetik rotasi} = E_{Kr} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (0,02 \text{ kg.m}^2) (10 \text{ rad/s})^2 = 1 \text{ joule}$$

$$\text{Energi kinetik total} = E_K = E_{Kt} + E_{Kr} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 = 2 \text{ joule} + 1 \text{ joule} = 3 \text{ joule.}$$

2. Bola pejal dengan massa 1 kg menggelinding pada bidang datar dengan kecepatan linear 2m/s. Hitunglah energi kinetik yang dimiliki oleh bola pejal tersebut.

Jawab :

Bola pejal menggelinding berarti memiliki energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi. Energi kinetik yang dimiliki oleh bola pejal tersebut adalah jumlah antara energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi.

Karena jari-jari tidak diketahui, maka energi kinetik rotasi dapat disubstitusikan dengan persamaan :  $\omega = (v/r)$ .

Momen kelembaman bola pejal :  $I = \frac{2}{5} m r^2$ . Substitusi kedua persamaan ini diperoleh :

$$\text{Energi kinetik total} = E_K = E_{Kt} + E_{Kr} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{2}{5} m r^2 \right\} (v/r)^2$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{5} m v^2 = \frac{7}{10} m v^2$$

$$= \frac{7}{10} (1)(2)^2 \text{ joule} = 2,8 \text{ joule.}$$

**6.4. Soal-soal latihan :**

- 1). Sebuah silinder pejal dengan massa 2 kg dan jari-jari 20 cm menggelinding pada bidang datar dengan kecepatan linear 10 m/s. Hitunglah energi kinetik yang dimiliki oleh silinder tersebut. Jika selanjutnya silinder menabrak dinding tegak dan terpantul kembali dengan kecepatan linear 8 m/s., hitung energi yang hilang karena peristiwa tumbukan tersebut.
- 2). Bola pejal dengan massa 2 kg., dari keadaan diam digelindingkan dari puncak bidang miring setinggi 2 m. Hitunglah kecepatan linear bola saat melewati bidang miring. Selanjutnya jika bola pejal dan silinder pejal serentak digelindingkan dari puncak bidang miring, mana yang lebih dahulu sampai di kaki bidang miring ?.
- 3). Ulangi soal no.1 diatas bila benda yang menggelinding berupa bola pejal. Massa dan jari-jari dari bola pejal sama dengan silinder pejal dalam soal no. 1 diatas.
- 4). Sebuah bola pejal dengan massa 2 kg menggelinding pada bidang datar dengan kecepatan linear sebesar 8 m/s. Tiba-tiba menaiki bidang miring dengan sudut kemiringan terhadap bidang datar sebesar  $30^\circ$ . Sampai sejauh manakah bola pejal tersebut dapat menaiki bidang miring sampai berhenti ? Selanjutnya bandingkan hasilnya jika bola pejal diganti dengan silinder pejal dengan massa dan jari-jari sama besar dengan bola pejal.

## VII. STATIKA (KESETIMBANGAN)

Benda dikatakan dalam keadaan setimbang bila gaya-gaya luar yang bekerja tidak mengubah keadaan translasi dan rotasi benda.

Jika benda selalu berada pada keadaan awalnya (diam atau bergerak lurus beraturan), dikatakan benda dalam keadaan kesetimbangan translasi.

Jika gaya-gaya luar tidak menyebabkan benda berotasi (berotasi dengan kelajuan sudut konstan, dikatakan benda dalam keadaan kesetimbangan rotasi.

### 7.1. Kesetimbangan Translasi.

Syarat : jika jumlah vektor gaya-gaya luar yang bekerja pada benda = nol.  
(gaya-gaya yang luar yang bekerja tidak memberikan percepatan pada benda tersebut).

Dituliskan :  $\sum F = 0$  , atau jika dinyatakan dalam komponen bidang xy

$$\sum F_x = 0 \text{ dan } \sum F_y = 0 \dots\dots\dots (7.1)$$

### 7.2. Kesetimbangan Rotasi :

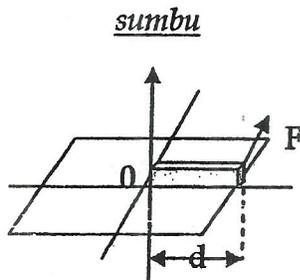
Syarat : jika jumlah vektor gaya-gaya luar yang bekerja pada benda = nol.  
(gaya-gaya yang luar yang bekerja tidak memberikan percepatan pada benda tersebut).

Dituliskan :  $\sum F = 0$  , atau jika dinyatakan dalam komponen bidang xy

$$\sum F_x = 0 \text{ dan } \sum F_y = 0 \dots\dots\dots (7.2)$$

### 7.3. Torsi (momen gaya).

Bila suatu gaya luar bekerja pada benda tegar dan menyebabkan rotasi dari benda tersebut sekitar suatu sumbu, atau menghasilkan suatu percepatan rotasi terhadap sumbu tersebut. Besaran sebagai ukuran akibat dari rotasi yang disebabkan oleh gaya tsb. dinamakan torsi (momen gaya).



$$F \text{ Torsi} = \tau = F.d \dots\dots\dots (7.3)$$

Ringkasan.

1. Keseimbangan translasi (keseimbangan pertama)

Kondisi benda : a) diam  
b) gerak lurus beraturan (glb)

syarat :  $\boxed{\text{a) } \sum F_x = 0 \text{ dan b) } \sum F_y = 0}$

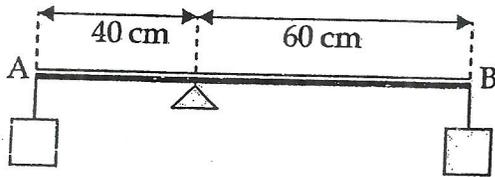
2. Keseimbangan rotasi (keseimbangan kedua)

Kondisi benda : a) diam  
b) gerak melingkar beraturan (gmb)

syarat :  $\boxed{\begin{array}{l} \text{a) } \sum F_x = 0 \text{ dan b) } \sum F_y = 0 \\ \text{c) } \sum \tau = 0 \text{ dimana : } \tau = r \times F \end{array}}$

Contoh soal :

1. Sebuah tongkat dengan panjang 1 meter, massa tongkat diabaikan. Pada jarak 40 cm dari posisi ujung kiri tongkat tersebut diberi tumpuan ( lihat gambar ).



Jika pada ujung kiri, digantungi beban dengan massa 5 kg, hitung besar beban pada ujung yang dipasang pada ujung kanan ( $w_2$ ) agar setimbang.

Penyelesaian :

$$w_1 = m_1 \cdot g = 5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/det}^2 = 50 \text{ N}$$

Syarat keseimbangan rotasi, pada titik nol :  $\longrightarrow \sum \tau = 0$

$$w_1 l_1 - w_2 l_2 = 0 \rightarrow w_1 l_1 = w_2 l_2 \rightarrow w_2 = w_1 (l_1/l_2)$$

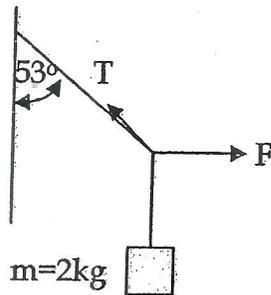
$$w_2 = 50 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} / 0,6 \text{ m} = 100/3 \text{ N}$$

$$\text{Massa benda } m_2 = w_2/g = (100/3 \text{ N}) / 10 \text{ m/det}^2 = 10/3 \text{ kg}$$

$$\text{Reaksi pada tumpuan titik nol : } R = w_1 + w_2 = 50 \text{ N} + 100/3 \text{ N} = 83,33 \text{ N}$$

2. Seutas tali salah satu ujungnya ditambatkan pada tempat yang tetap, sedang ujung yang lain ditambatkan sebuah beban sebesar 3 kg. Dari bagian tengah tali ditarik dengan gaya arah mendatar, sehingga posisi kesetimbangannya terlihat seperti gambar berikut. Hitunglah gaya yang diperlukan untuk menahan serta tegangan tali pengganung beban tersebut.

Penyelesaian :



Komponen arah sumbu y berlaku :

$$T \cos 53^\circ = w = mg = (3 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)$$

$$T = (30) / \cos 53^\circ = 50 \text{ N}$$

Komponen arah sumbu x berlaku :

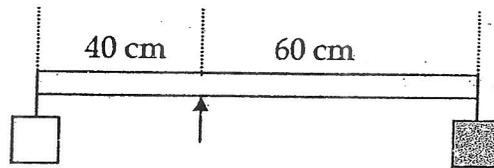
$$F = T \sin 53^\circ = (50 \text{ N})(\sin 53^\circ)$$

$$= (50 \text{ N})(0,8) = 40 \text{ N}$$

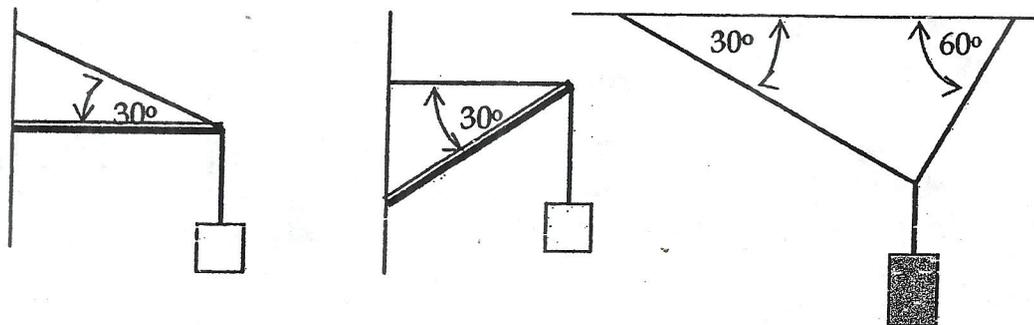
Jadi gaya yang diperlukan untuk menahan beban sebesar :  $F = 40 \text{ N}$ .

#### 7.4. Soal-soal latihan.

1. Sebuah tongkat dengan panjang 1 m dengan massa diabaikan, pada jarak 40 cm dari ujung kiri diberi tumpuan (lihat gambar). Jika pada ujung kiri digantungi beban 4 kg, hitung massa beban ujung kanan agar tetap dalam kondisi setimbang.



2. Sebuah jembatan homogen dengan panjang 2m dan massa 100 kg ditumpu pada kedua ujungnya. Seorang anak dengan massa 50 kg berjalan dari salah satu ujung jembatan ke ujung lain. Tentukan gaya reaksi masing-masing tumpuan sebagai fungsi posisi anak tersebut. Selanjutnya hitung gaya reaksi kedua tumpuan saat posisi anak 50 cm dari salah satu tumpuan jembatan.
3. Hitunglah gaya tegangan-tegangan tali pada gambar-gambar berikut (massa beban = 5 kg) :



## VIII. MOMENTUM DAN TUMBUKAN

Telah dijabarkan dalam bab. Usaha dan Energi, persamaan sebagai berikut :

$$F \cdot t = m v - m v_0, \text{ dimana :}$$

Ruas kiri adalah Impus gaya (yaitu gaya kali waktu selama gaya bekerja) dan ruas kanan adalah perubahan momentum yaitu momentum awal ( $m v_0$ ) dikurangi dengan momentum akhir.

### 8.1. Hukum Kekekalan Momentum :

Jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada suatu sistem, maka momentum total Dari sistem akan kekal. Hal ini dikenal dengan Hukum Kekekalan Momentum.

Contoh :

- 1). Orang menembakkan peluru dari senapan, akan terasa bahwa senapan terdorong kearah belakang.
- 2). Roket dapat bergerak maju, akibat roket mendorong gas kebelakang (gas akan mendorong roket ke arah depan)
- 3). Peristiwa Tumbukan.

### 8.2. Tumbukan :

Tumbukan : Dua buah benda yang salah satu atau keduanya sedang bergerak, jika suatu saat kedua benda saling bersinggungan maka akibat reaksi gaya tekan pada titik singgung kedua benda akan terjadi gaya tolak-menolak. Peristiwa ini dinamakan tumbukan. Pada semua jenis tumbukan selalu berlaku Hukum kekekalan momentum.

Dalam tumbukan didefinisikan istilah koefisien restitusi (e) dari dua benda yang bertumbukan, yaitu harga negatif perbandingan antara beda kecepatan sesudah tumbukan dengan beda kecepatan sebelum tumbukan, dituliskan :

$$e = -(v_2' - v_1') / (v_2 - v_1) \dots\dots\dots(8.1)$$

Nilai koefisien restitusi terletak antara nol dan satu ( $0 \leq e \leq 1$ ).

Ada 3 macam Tumbukan :

Tumbukan elastik sempurna, tumbukan tidak elastik dan tumbukan elastik sebagian.

1. Tumbukan elastik sempurna.

- a). Berlaku hukum kekekalan energi kinetik, yaitu jumlah energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan tetap dituliskan :

$$E_{K1} + E_{K2} = E_{K1}' + E_{K2}' \dots\dots\dots(8.2)$$

- b). Nilai koefisien restitusi tumbukan (e) = 1

2. Tumbukan tidak elastik.

- a). Tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik  
 b). Nilai koefisien restitusi tumbukan (e) = 0  
 c). Sesudah tumbukan kedua benda menjadi satu, dan bergerak bersama-sama.  
 d). Dari hukum kekekalan momentum, diperoleh persamaan :

$$mv_1 + mv_2 = (m_1 + m_2) V' \dots\dots\dots(8.3)$$

3. Tumbukan elastik sebagian.

- a). Tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik  
 Energi kinetik benda sebelum tumbukan lebih besar dari pada energi kinetik sesudah tumbukan.  
 b). Nilai koefisien restitusi tumbukan,  $0 < e < 1$

**Ringkasan.**

**1. Impuls dan momentum**

Impuls :  $I = F.t$  dan Momentum :  $p = m v$

Impuls = perubahan momentum  $\Leftrightarrow F.t = mv - mv_0$

**2. Tumbukan**

**1. Tumbukan Elastik Sempurna :**

- a) Berlaku Hukum kekekalan momentum  
 b) Berlaku hukum kekekalan energi kinetik  
 c) nilai koefisien restitusi (e) = 1

2. Tumbukan Tidak elastik :
- a) Berlaku Hukum kekekalan momentum
  - b) Setelah tumbukan kedua benda bergabung
  - c) nilai koefisien restitusi  $(e) = 0$
3. Tumbukan Elastik sebagian :
- a) Berlaku Hukum kekekalan momentum
  - b) nilai koefisien restitusi  $0 \leq e \leq 1$

Koefisien restitusi: 
$$e = -(v_2' - v_1') / (v_2 - v_1)$$

Contoh soal :

1. Sebuah mobil dengan massa 800 kg bergerak dengan kecepatan 60 km/jam . Tiba-tiba mobil menabrak pohon dan berhenti dalam waktu 0,2 detik. Hitung gaya rata-rata yang bekerja pada mobil tersebut

Penyelesaian :

Diketahui :  $v_1 = 60 \text{ km/jam} = 60.000 \text{ m} : 3600 \text{ det} = 16,7 \text{ m/det}$

Impuls = perubahan momentum

$F \cdot t = mv_2 - mv_1 ; v_2 = 0$  ( Berhenti setelah tumbukan )

$F = -mv_1/t = (-800 \text{ kg} \times 16,7 \text{ m/s}) / 0,2 \text{ det}$

$= -66666,7 \text{ kg.m/det}^2$

$= -6,67 \times 10^4 \text{ kg.m/det}^2$

2. Sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian 2 m diatas lantai. Ternyata bola dipantulkan oleh lantai keatas kembali setinggi 1,5 m. Demikian seterusnya setiap bola jatuh kembali ke lantai akan dipantulkan keatas kembali setinggi  $(3/4)$  dari tinggi sebelumnya, sampai akhirnya bola akan berhenti di lantai. Hitunglah : (a). Koefisien restitusi tumbukan anatar bola dengan lantai.  
(b). Lintasan yang dilalui oleh bola dari saat dijatuhkan sampai berhenti.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien restitusi tumbukan} = e &= - (v_2' - v_1') / (v_2 - v_1) = \\ &= (h_2/h_1)^{1/2} = (1,5/2)^{1/2} = 0,87 \end{aligned}$$

Lintasan yang dilalui bola adalah jumlah tak berhingga dari suatu deret ukur dengan nilai faktor pengali ( $p$ ) =  $(3/4) = 0,75$ . Untuk lintasan saat awal dijatuhkan hanya sekali jalan, sedangkan untuk lintasan selanjutnya selalu dua kali yaitu untuk lintasan naik kembali dan lintasan turun selanjutnya.

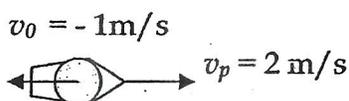
Panjang lintasan yang dilalui sampai berhenti sebesar :

$S_{\text{total}} = h_0 + 2\{a/(1-p)\}$ , dimana  $h_0$  = tinggi mula-mula,  $a$  = pantulan pertama, dan  $p$  = faktor pengali.

$$S_{\text{total}} = 2 \text{ m} + 2(1,5)/(1-0,75) \text{ m} = 2 \text{ m} + 12 \text{ m} = 14 \text{ m}$$

3. Seseorang dengan massa 50 kg naik perahu dengan massa 100 kg. Perahu bergerak dengan kecepatan 2 m/s. Hitunglah kecepatan sampan, apabila orang tersebut loncat dari perahu dengan kecepatan 1 m/s dengan arah :
- ke arah belakang dari arah gerak perahu
  - ke arah depan dari arah gerak perahu

Penyelesaian :

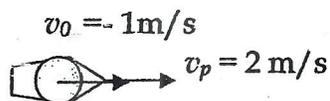


$$(m_o + m_p) v = m_o v_o + m_p v_p$$

$$(50 + 100)(2) = (50)(-1) + (100) v_p$$

$$v_p = \{(150)(2) + (50)\} / (100) \text{ m/s} = 3,5 \text{ m/s}$$

(ke arah depan, jauh lebih besar)



$$(m_o + m_p) v = m_o v_o + m_p v_p$$

$$(50 + 100)(2) = (50)(1) + (100) v_p$$

$$v_p = \{(150)(2) - (50)\} / (100) \text{ m/s} = 2,5 \text{ m/s}$$

(ke arah depan, lebih besar)

**8.3. Soal-soal latihan :**

1. Kapal laut dengan bobot mati 20.000 ton bergerak dengan kecepatan 5 knot. Hitunglah momentum dari kapal tersebut. Catatan : 1 knot = 1 mile laut / jam = 1,852 km/jam.
2. Sebuah mobil dengan massa 800 kg bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Tiba-tiba mobil menabrak pohon dan berhenti dalam waktu 0,4 detik. Hitung gaya rata-rata yang bekerja pada mobil tersebut untuk menghentikannya.
4. Sebuah senapan dengan berat 3 kg menembakkan peluru bermassa 10 gr dengan kecepatan 200 m/s. Hitung kecepatan arah belakang dari senapan tersebut.
5. Truk dengan massa 2 ton sedang berhenti, tiba-tiba ditabrak mobil lain dari belakang dengan kecepatan 54 km/jam. Sesudah tumbukan kedua benda gandeng bergerak bersama-sama (tumbukan tidak elastik). Jika mobil yang menabrak mempunyai massa 800 kg, hitung kecepatan kedua kendaraan setelah tumbukan tersebut.
6. Sebuah bola dengan massa 2,5 kg bergerak ke kanan dengan kecepatan 4 m/s. Bola lain dengan massa 4 kg datang dari arah berlawanan dengan kecepatan 2 m/s. Hitung kecepatan masing-masing bola sesudah tumbukan jika :
  - a). Tumbukan yang terjadi elastik sempurna
  - b). Tumbukan yang terjadi tidak elastik.
7. Balok A dengan massa 5 kg bergerak ke kanan dengan kecepatan 10 m/s., ditabrak balok B dengan massa 3 kg dari arah belakang dengan kecepatan 15 m/s. Hitung kecepatan masing-masing balok sesudah tumbukan terjadi, jika jenis tumbukan yang terjadi adalah elastik sebagian dengan koefisien restitusi tumbukan ( $e$ ) = 0,8. Selanjutnya hitung pula energi yang hilang dalam peristiwa tumbukan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Tipler, *Physics for Scientists and Engineers, Seri I*, Worth Publisher, Inc., 1991.
2. Halliday, D., and Resnick, R., *Physics, 3rd Ed., Seri I*, John Wiley and Sons, 1986.
3. Sears, F., W., and Zemansky, M., W., *University Physics In One Volume*, Addison Wesley, Publishing Company, New York, 1962.
4. Reese, R., L., *"University Physics"*, Books/Cole Publishing Company, Pacific Grove, USA, 2000.
5. Tipler, P., E., *"Physics"*, 7<sup>th</sup> Edition, Mc.Graw Hill Companies, Inc., New York, 2006.
6. Bambang Ch., Harumi Y., *"Modul Kuliah Fisika I"*, Jurusan Teknik Industri, FTI Usakti, Jakarta, 2002.
7. Giancoli, D., C., *"Fisika"*, Edisi Keempat, Jilid 1, Erlangga, 1997.