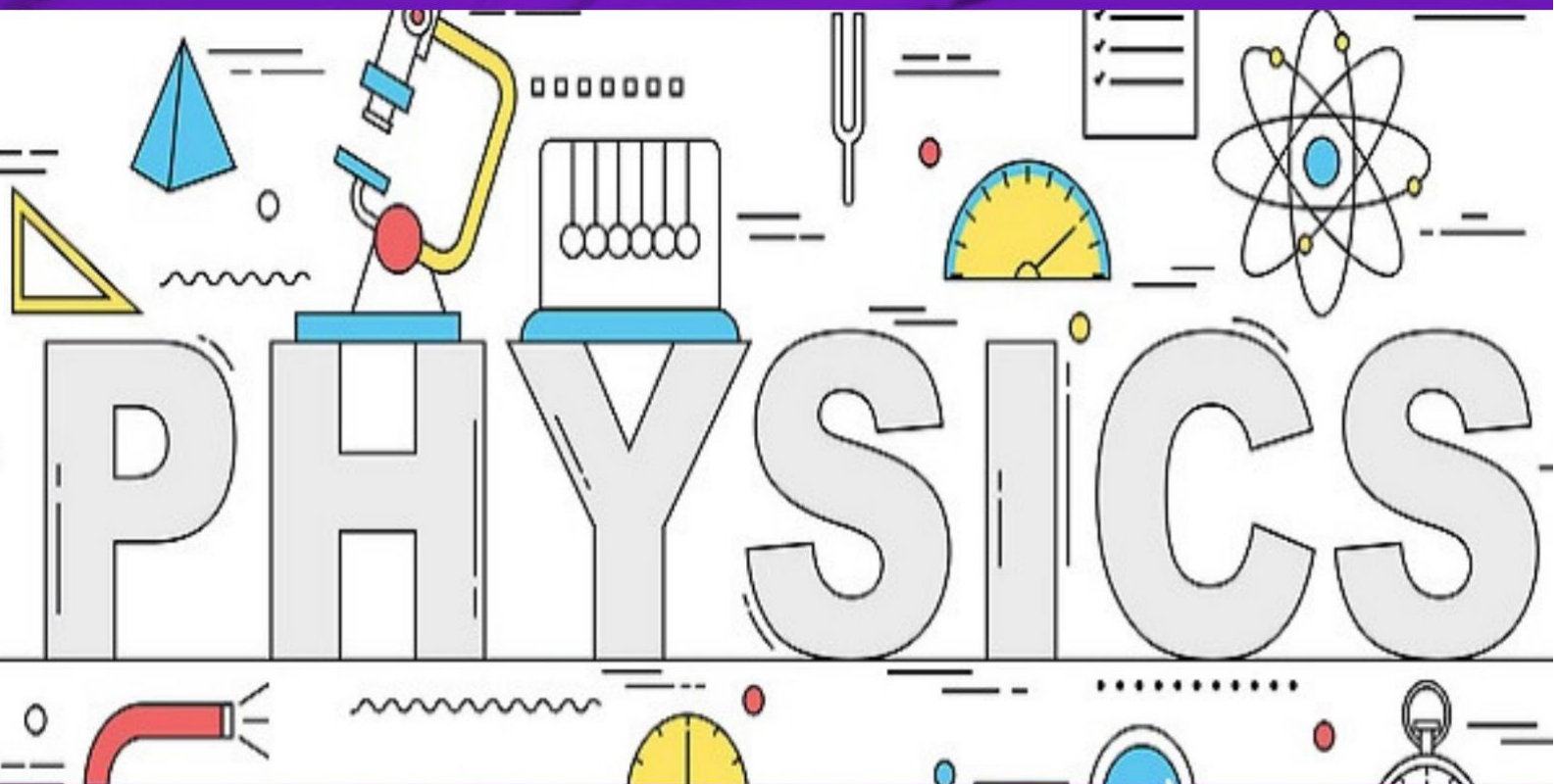


#UPHC10YearsChallenge

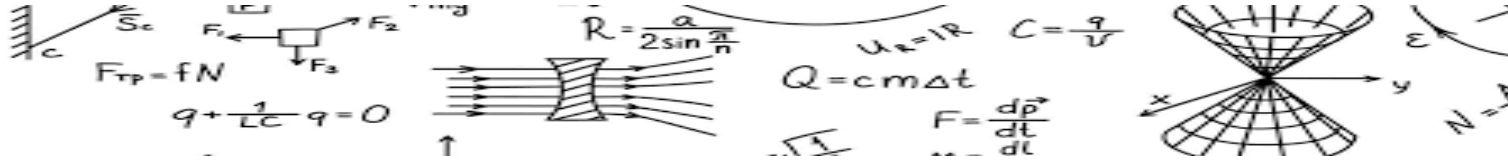
MEKANIKA 1

The fear of the Lord is the beginning of knowledge, but fools despise wisdom and instruction.

Proverbs 1:7



Andreas Eko Soponyono, S.Pd., B.Ed.



Kata Pengantar | I

“Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan.”

Amsal 1:7

Ayat ini menjadi dasar bagi kita untuk memahami bahwa TUHAN adalah pusat dari pengetahuan itu sendiri. Namun, seringkali kita mempelajari pengetahuan yang ada untuk diri kita sendiri, bukan untuk semakin mengenal TUHAN melalui pengetahuan.

Dan di era saat ini, banyak pebelajar Fisika menggunakan pengetahuannya untuk hal yang negatif. Sehingga, perlu adanya dasar sekaligus senjata yang dapat digunakan untuk menjadi pebelajar-pebelajar yang kristis dan hidup dengan hikmat untuk menjadi berkat bagi sesama. Seperti yang dikatakan dalam Amsal 22:6, “Didiklah orang muda menurut jalan yang patut baginya, maka pada masa tuanyapun ia tidak akan menyimpang dari pada jalan itu.”

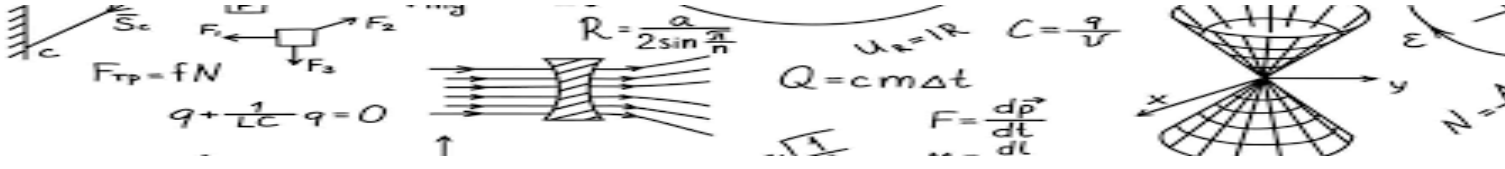
Bersyukur jika *Physics – Mekanika 1* ini dapat terselesaikan untuk dapat membawa pebelajar semakin menjadi pribadi yang memiliki banyak pengetahuan untuk TUHAN di masa mudanya sesuai jalan yang patut baginya. *Handbook* ini terselesaikan berkat dukungan dan doa dari para pendidik-pendidik yang setia dalam pendidikan Kristen di Indonesia.

- (a) Yayasan Pendidikan Pelita Harapan (YPPH), terkhususnya UPH College.
- (b) Tim Pengajar *Physics* UPH College.
- (c) Seluruh rekan-rekan pendidik di UPH College.

Biarlah segala kemuliaan hanya bagi DIA!

Penyusun & Penulis

Andreas Eko Soponyono, S.Pd., B.Ed.



Daftar Isi | II

1	Physical Scale & Measurement	1
2	Vectors	18
3	Kinematics – Part I	30
	LINEAR MOTION	
4	Kinematics – Part II	55
	PROJECTILE MOTION	
5	Kinematics – Part III	64
	CIRCULAR MOTION	



Tujuan Pembelajaran

1. Mendefinisikan besaran, besaran pokok dan besaran turunan.
2. Menyebutkan satuan internasional (SI) dan dimensi 7 besaran pokok.
3. Menentukan dan menganalisis dimensi besaran turunan.
4. Memahami aturan angka penting.
5. Melakukan konversi satuan.
6. Mengoperasikan angka hasil pengukuran dengan aturan angka penting.
7. Menuliskan hasil pengukuran, ketelitian dan ketidakpastiannya menggunakan notasi ilmiah dan aturan angka penting.

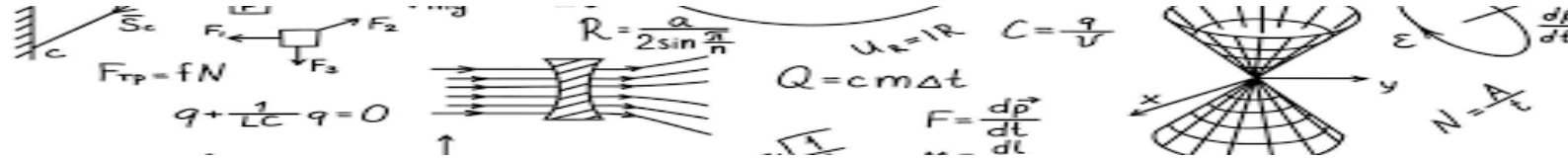
Dalam Fisika kita berusaha menggunakan metode ilmiah untuk menemukan prinsip-prinsip dasar yang mengatur cahaya (gelombang) dan materi (partikel), dan mencari implikasi dari hukum-hukum itu. Dengan sains (ilmu) fisika kita berusaha menerangkan bagaimana lingkungan bekerja dan apa efeknya pada kita. Fisika juga merupakan ilmu eksperimental (*experimental science*) di mana hukum-hukumnya dirumuskan berdasarkan data-data (fakta-fakta) yang diperoleh dari pengukuran-pengukuran secara eksperimen. Oleh karena itu, keunggulan dari fisika adalah apakah hukum-hukumnya dapat diterapkan dengan baik pada situasi baru dan memprediksi apa yang akan (dapat) terjadi?

Mengapa semua ilmuwan memerlukan pengetahuan tentang fisika? Ini karena prinsip-prinsip dan hukum-hukum fisika pada umumnya dapat diterapkan untuk semua hal. Sebagai contoh, penggunaan pasif dari hukum-hukumnya untuk menerangkan berbagai fenomena-fenomena dalam biologi, kedokteran, geologi, kimia, lingkungan dan berbagai hal lainnya. Sementara itu penggunaan aktif dari hukum-hukum ini adalah dapat digunakan untuk memecahkan problem-problem dalam sains itu sendiri.

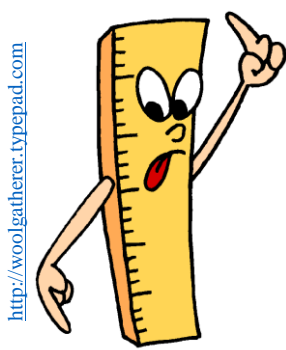
Pengukuran-pengukuran besaran fisis dapat mencakup berbagai besaran seperti kecepatan, temperatur, gaya, arus listrik, waktu dan ratusan besaran fisis yang lain. Tentu saja pengukuran besaran yang barangkali sering Anda lakukan adalah mengukur panjang benda seperti buku misalnya.



<http://jogja-training.com>



Dalam mengukur panjang buku Anda biasanya menggunakan alat ukur yang disebut penggaris. Dalam penggaris ada skala-skala panjang tertentu. Hasil ukur panjang buku yang Anda ukur adalah berupa angka yang terbaca pada penggaris. Dalam hal ini besaran fisis yang Anda ukur adalah panjang. Secara umum besaran (besaran fisis) adalah sesuatu yang dapat dinyatakan keberadaannya dengan suatu angka atau nilai. Sedangkan pengukuran adalah proses mengukur suatu besaran, yaitu membandingkan nilai besaran yang sedang kita ukur dengan besaran lain sejenis yang dipakai sebagai acuan. Dalam hal pengukuran panjang buku di atas kita membandingkan panjang (besaran) buku dengan panjang (besaran sejenis) penggaris sebagai acuan. Apakah ada sesuatu yang bukan besaran?



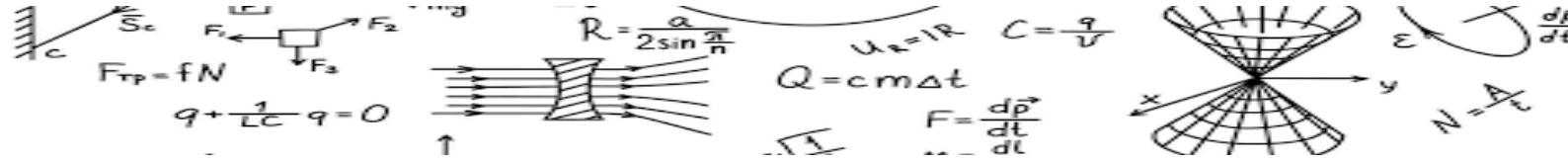
Sesuatu yang dapat diwakili dengan angka adalah sesuatu yang dapat diukur dengan alat ukur. Keindahan, kesenangan apa dapat diukur dengan alat? Tampaknya keindahan bagi seseorang belum tentu sama indahnya bagi orang lain. Jadi keindahan sangat relatif dan tidak dapat diukur eksak. Jadi keindahan bukan besaran fisis. Demikian juga manakala kita mengukur, maka acuan ukuran yang digunakan dapat berbeda. Mengukur panjang meja dengan meteran

kita bisa mengatakan panjangnya 100 cm (baca: centimeter) misalnya. Sebaliknya jika acuan kita adalah sebatang pensil maka panjang meja itu kita katakan misalnya 6 pensil. Jadi kita perlu mendefinisikan apa yang disebut satuan sebagai ukuran terkecil apa nilai besaran fisis itu dinyatakan. Jadi panjang meja jika kita nyatakan dalam satuan cm, misalnya disebutkan 100 cm. Karena itu kita perlu mem-baku-kan satuan yang digunakan supaya dapat diterima di mana-mana oleh semua orang. Artinya jika kita menyatakan panjang buku adalah 30 cm maka orang lain yang kita beri tahu akan mengerti makna dari 30 cm tersebut. Coba jika Anda memberi tahu pada orang tersebut bahwa panjang buku adalah 3 pensil! Apakah orang tersebut mengerti?



Deskripsikanlah secara kuantitatif dan kualitatif gajah tersebut!

<http://1.bp.blogspot.com>



Besaran dan Satuan

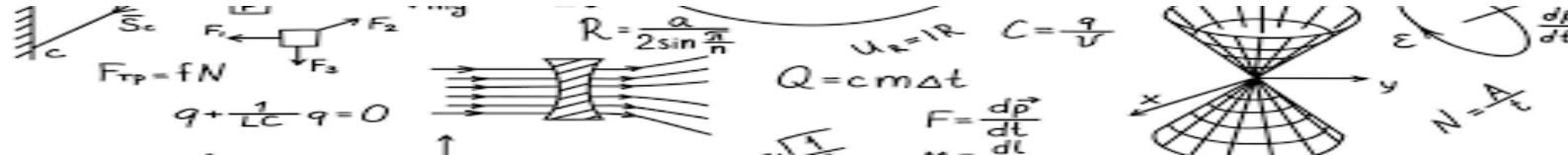
Mengukur merupakan proses membandingkan suatu besaran dengan besaran sejenis yang ditetapkan sebagai satuan. Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur, mempunyai nilai yang dapat dinyatakan dengan angka-angka dan memiliki satuan tertentu. Contoh: panjang, massa, dan waktu. Satuan adalah pernyataan yang menjelaskan arti dari suatu besaran. Contoh: panjang memiliki satuan meter, massa memiliki satuan kilogram, dan waktu memiliki satuan sekon.

Besaran pokok adalah besaran yang satuannya telah didefinisikan terlebih dahulu dan tidak diturunkan dari besaran lain. Berikut ini merupakan 7 besaran pokok.

Besaran Pokok	Satuan	Dimensi
Panjang	Meter (m)	[L]
Massa	Kilogram (kg)	[M]
Waktu	Detik/sekon (s)	[T]
Kuat arus listrik	Ampere (A)	[I]
Suhu/temperatur	Kelvin (K)	[θ]
Jumlah zat	Mol (mol)	[N]
Intensitas cahaya	Kandela (cd)	[J]

Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari besaran pokok. Berikut ada beberapa besaran turunan.

No.	Besaran Turunan	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan Sistem MKS
1	Luas	Panjang \times Lebar	m ²
2	Volume	Panjang \times Lebar \times Tinggi	m ³
3	Massa jenis	Massa : Volume	kg/m ³
4	Kecepatan	Perpindahan : Waktu	m/s
5	Percepatan	Kecepatan : Waktu	m/s ²
6	Gaya	Massa \times Percepatan	newton (N) = kg.m/s ²
7	Usaha	Gaya \times Perpindahan	joule (J) = kg.m ² /s ²
8	Daya	Usaha : Waktu	watt (W) = kg.m ² /s ³
9	Tekanan	Gaya : Luas	pascal (Pa) = N/m ²
10	Momentum	Massa \times Kecepatan	kg.m/s

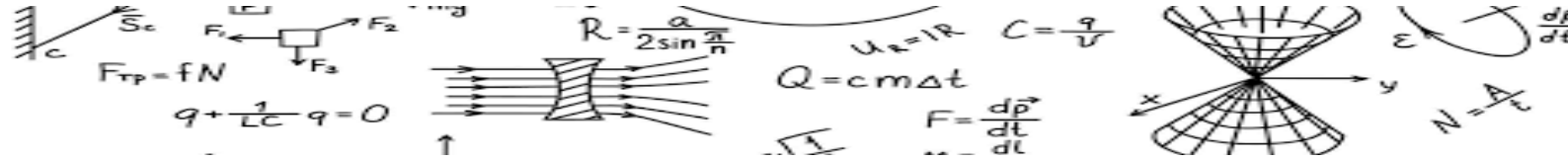


Sistem satuan yang digunakan pada besaran pokok dan besaran turunan adalah sistem “Satuan Internasional” (SI) atau sistem metrik (mks). Sistem metrik dikenal sebagai meter, kilogram, dan sekon, disingkat mks. Selain sistem metrik terdapat pula sistem Inggris (imperial system). Sistem Inggris dikenal sebagai foot, pound, dan second, disingkat FPS. Sistem metrik memiliki keunggulan, yaitu bahwa satuan tiap besaran, baik besaran pokok ataupun besaran turunannya dapat dinyatakan dalam satuan SI (sistem metrik), hanya dengan menggunakan awalan. Awalan tersebut menyatakan kelipatan yang semuanya merupakan pangkat dari 10.

Bilangan	Orde	Nama
1.000.000.000.000	10^{12}	Tera (T)
1.000.000.000	10^9	Giga (G)
1.000.000	10^6	Mega (M)
1.000	10^3	Kilo (k)
100	10^2	Hekta (h)
10	10^1	Deka (da)
1	10^0	-
0,1	10^{-1}	Desi (d)
0,01	10^{-2}	Senti (c)
0,001	10^{-3}	Mili (m)
0,000001	10^{-6}	Mikro (μ)
0,000000001	10^{-9}	Nano (n)
0,000000000001	10^{-12}	Piko (p)

Dimensi suatu besaran menunjukkan cara besaran itu tersusun dari besaran-besaran pokok. Berikut ini merupakan contoh dimensi dari beberapa besaran turunan.

Besaran Turunan	Satuan	Dimensi
Luas	m^2	$[L]^2$
Volum	m^3	$[L]^3$
Massa jenis	$kg\ m^{-3}$	$[M][L]^{-3}$
Kecepatan	ms^{-1}	$[L][T]^{-1}$
Percepatan	ms^{-2}	$[L][T]^{-2}$
Gaya	$kg\ ms^{-2}$	$[M][L][T]^{-2}$
Usaha dan energi	$kg\ m^2s^{-2}$	$[M][L]^2[T]^{-2}$
Tekanan	$kg\ m^{-1}s^{-2}$	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$
Daya	$kg\ m^2s^{-3}$	$[M][L]^2[T]^{-3}$
Impuls dan momentum	$kg\ ms^{-1}$	$[M][L][T]^{-1}$



Dimensi dapat digunakan untuk membuktikan kesetaraan dua besaran. Misalnya akan dibuktikan kesetaraan antara *usaha* dan *energi*.

$$\text{Usaha} = \text{gaya} \times \text{perpindahan}$$

$$= (\text{massa} \times \text{percepatan}) \times \text{perpindahan}$$

$$\text{Dimensi usaha} = [M] [L] [T]^{-2} [L]$$

$$= [M] [L]^2 [T]^{-2}$$

Energi = $\frac{1}{2} mv^2$, $\frac{1}{2}$ merupakan suatu bilangan, sehingga *tidak* memiliki dimensi.

$$\text{Dimensi energi} = [M] \{ [L] [T]^{-1} \}^2$$

$$= [M] [L]^2 [T]^{-2}$$

Oleh karena usaha dan energi memiliki dimensi yang sama dan keduanya termasuk besaran skalar, maka usaha dan energi merupakan besaran yang setara.

Contoh ... 1

1. Satuan tekanan dalam sistem SI adalah

A. atmosfer

C. cmHg

E. mmHg

B. Pascal

D. Newton

Pembahasan:

Satuan tekanan dalam SI adalah Pascal = Pa = $\text{kg } m^{-1} s^2$

Jawaban: B

2. Satuan dari besaran kecepatan, suhu, dan gaya menurut sistem SI adalah

A. m/s, Celcius, Joule

D. m/s, Kelvin, Newton

B. m/s, Kelvin, Joule

E. m/s, Kelvin, Joule

C. m/s, Fahrenheit, Newton

Pembahasan:

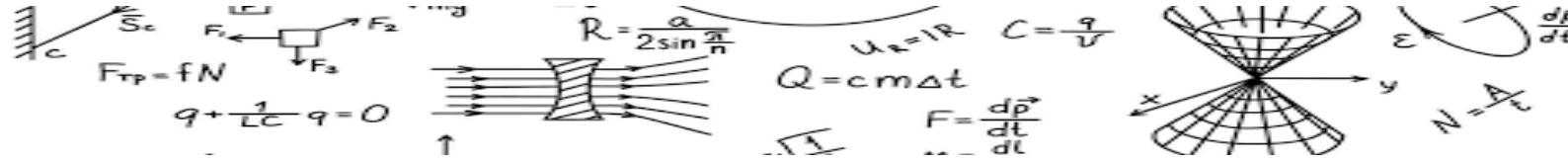
$$\text{Satuan kecepatan} = \frac{\text{satuan perpindahan}}{\text{satuan waktu}} = \frac{m}{s}$$

$$\text{Satuan suhu} = \text{Kelvin}$$

$$\text{Satuan gaya} = \text{satuan massa} \times \text{satuan percepatan}$$

$$= \text{kg } m/s^2 = \text{Newton (N)}$$

Jawaban: D



3. Dimensi energi per satuan waktu adalah

A. ML^2T^2 C. ML^2T^{-3} E. MLT^2
 B. ML^2T^{-2} D. ML^2T^3

Pembahasan:

Satuan energi = $\text{kg } m^2/s^2$

Satuan energi per satuan waktu = $\frac{\text{kg } m^2/s^2}{s} = \text{kg } m^2/s^3 = \text{kg } m^2s^{-3}$

Dimensi energi per satuan waktu = $\text{kg } [M][L]^2[T]^{-3} = ML^2T^{-3}$

Jawaban: C

4. Besaran yang dimensinya $ML^{-1}T^{-2}$ adalah

A. gaya C. energi E. percepatan
 B. tekanan D. momentum

Pembahasan:

Satuan untuk dimensi M, L dan T berturut-turut adalah kg, m, dan s.

$$\begin{aligned} ML^{-1}T^{-2} &= \text{kg } m^{-1}s^{-2} \\ &= \frac{\text{kg } ms^{-2}}{m^2} \\ &= \frac{\text{Newton}}{m^2} \\ &= \frac{F}{A} = P = \text{tekanan} \end{aligned}$$

Jawaban: B

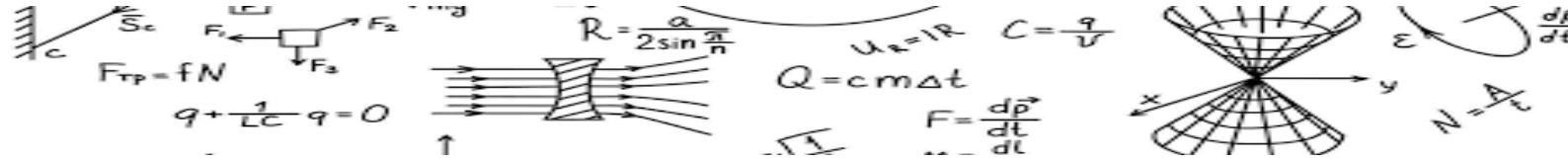
5. Dari pasangan besaran berikut yang setara adalah

A. daya dan tekanan
 B. gaya dan impuls
 C. tekanan dan momentum
 D. momentum dan daya
 E. momentum dan impuls

Pembahasan:

Dua besaran dikatakan setara jika keduanya memiliki dimensi yang sama dan keduanya termasuk besaran skalar atau besaran vector. Momentum dan impuls memiliki dimensi yang sama. Selain itu, momentum dan impuls juga merupakan besaran vector. Jadi, dua besaran yang setara adalah momentum dan impuls.

Jawaban: E



Angka Penting

1. Notasi Ilmiah

Dalam notasi ilmiah, hasil pengukuran dinyatakan sebagai:

$$a, \dots \times 10^n$$

dengan: a = bilangan asli mulai dari 1 sampai dengan 9

n = eksponen dan merupakan bilangan bulat

10^n = menunjukkan *orde*

Aturan penulisan hasil pengukuran dengan notasi ilmiah:

- Untuk bilangan yang lebih dari 10, pindahkan koma desimal ke kiri dan eksponennya positif.

Contoh: $1500 = 1,5 \times 10^3$

- Untuk bilangan yang kurang dari 1, pindahkan koma desimal ke kanan dan eksponennya negatif.

Contoh: $0,0035 = 3,5 \times 10^{-3}$

2. Aturan Angka Penting

Aturan-aturan angka penting yang dapat digunakan untuk menentukan banyak angka penting pada suatu hasil pengukuran adalah sebagai berikut.

- Semua angka bukan nol adalah angka penting.
- Angka nol yang terletak di antara dua angka *bukan* nol termasuk angka penting.
- Angka-angka nol yang digunakan hanya untuk tempat titik desimal adalah *bukan* angka penting.

Contoh : 0,0045 memiliki 2 angka penting, yaitu 4 dan 5.

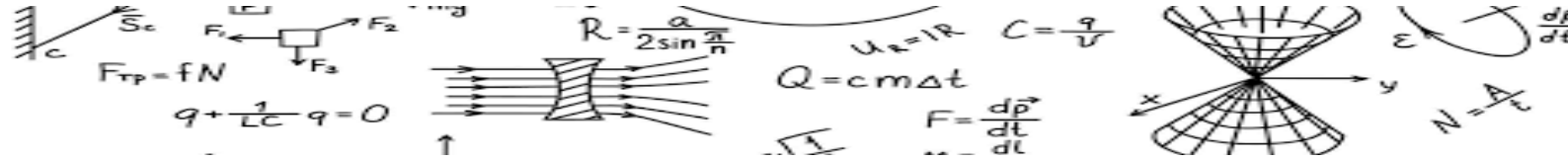
- Semua angka nol yang terletak pada deretan akhir dari angka-angka yang ditulis di belakang koma desimal termasuk angka penting.

Contoh : 0,004500 memiliki 4 angka penting, yaitu 4, 5, dan kedua angka nol setelah angka 45.

- Dalam notasi ilmiah, semua angka sebelum orde esar termasuk angka penting.

Contoh : $2,6 \times 10^4$ memiliki dua angka penting, yaitu 2 dan 6

$2,60 \times 10^4$ memiliki tiga angka penting, yaitu 2, 6, dan 0.



3. Berhitung dengan Angka Penting

a. Aturan Penjumlahan atau Pengurangan

Hasil operasi penjumlahan atau pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran. Angka taksiran adalah angka terakhir dari suatu bilangan penting.

Contoh :

105,31 <u>6</u>	→ 6 sebagai angka taksiran
23,5 <u>2</u>	→ 2 sebagai angka taksiran
7, <u>8</u>	→ 8 sebagai angka taksiran
<hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> +	
136,6 <u>36</u>	→ dibulatkan 136,6 karena hanya boleh mengandung satu angka taksiran

b. Aturan Perkalian atau Pembagian

Hasil operasi perkalian atau pembagian hanya boleh memiliki angka penting sebanyak bilangan yang angka pentingnya paling sedikit.

Contoh:

$p = 32,45 \text{ mm}$	→ 4 angka penting
$\ell = 8,20 \text{ mm}$	→ 3 angka penting (paling sedikit)
<hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> X	
$p \times \ell = 266,090 \text{ mm}^2$	→ dibulatkan menjadi 266 mm^2 (3 angka penting).

Contoh ... 2

- Pada pengukuran panjang benda diperoleh hasil pengukuran 0,05090 m. Banyak angka penting pada hasil pengukuran tersebut adalah

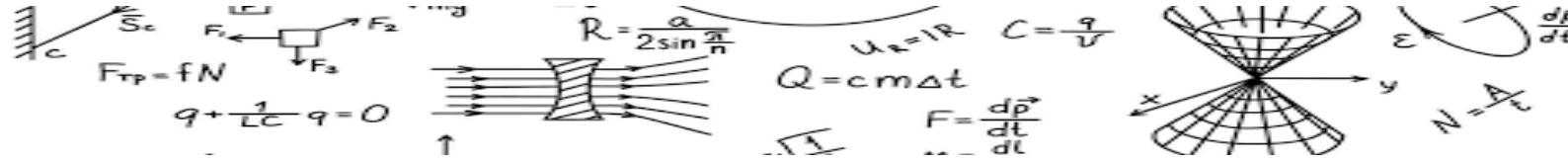
- | | | |
|---------|----------|---------|
| A. dua | C. empat | E. enam |
| B. tiga | D. lima | |

Pembahasan:

Berdasarkan aturan a, b, c, dan d pada angka penting, maka: 0,05080 memiliki 4 angka penting yaitu 5, 0, 8, dan 0.

Jawaban: C





$$\text{Ketepatan} = 1 - \frac{\Delta x}{\bar{x}} = 1 - \left| \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \right|$$

Ketidakpastian relatif adalah $\frac{\Delta x}{x}$ atau $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$. Ketidakpastian relative berhubungan dengan *ketelitian* pengukuran. Makin kecil ketidakpastian relatif, makin tinggi ketelitian pengukuran tersebut. Hal ini disebabkan oleh:

$$\text{Ketelitian (\%)} = 100\% - \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

Dalam percobaan berulang, banyaknya angka penting pada hasil pengukuran ditentukan oleh ketidakpastian relatifnya. Ketidakpastian relatif sekitar 10% berhak atas 2 angka penting, sekitar 1% berhak atas 3 angka penting, dan sekitar 0,1% berhak atas 4 angka penting.

Ketidakpastian fungsi $z = f(x, y)$ untuk Δx dan Δy berasal dari skala terkecil instrumen, berlaku:

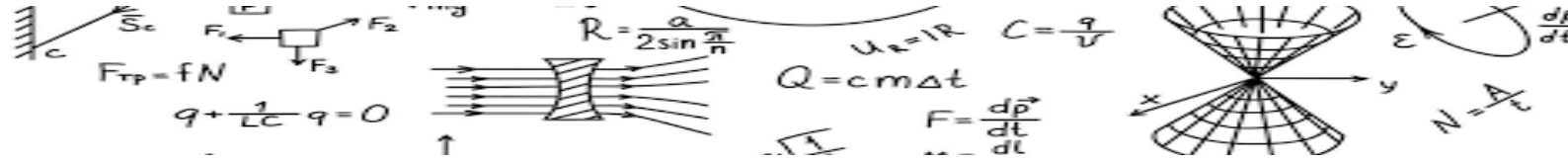
$$\begin{aligned} z &= x + y, \text{ maka } \Delta z = |\Delta x| + |\Delta y| \\ z &= x - y, \text{ maka } \Delta z = |\Delta x| - |\Delta y| \\ z &= ax^n y^m, \text{ maka } \frac{\Delta z}{z} = |n| \left| \frac{\Delta x}{x} \right| + |m| \left| \frac{\Delta y}{y} \right| \end{aligned}$$

Ketidakpastian fungsi $z = f(x, y)$ untuk Δx dan Δy berasal dari simpangan baku nilai rata-rata, berlaku:

$$z = ax^n y^m, \text{ maka } \frac{\Delta z}{z} = \sqrt{\left(n \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}}\right)^2 + \left(n \frac{s_{\bar{y}}}{\bar{y}}\right)^2}$$

dengan: a = tetapan

m, n = bilangan bulat atau pecahan

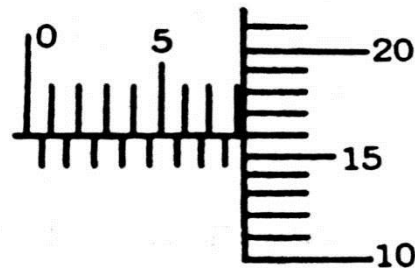
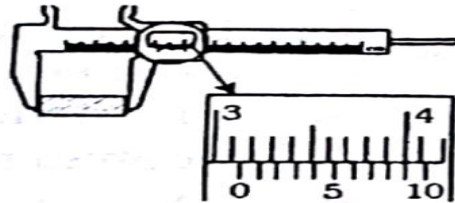


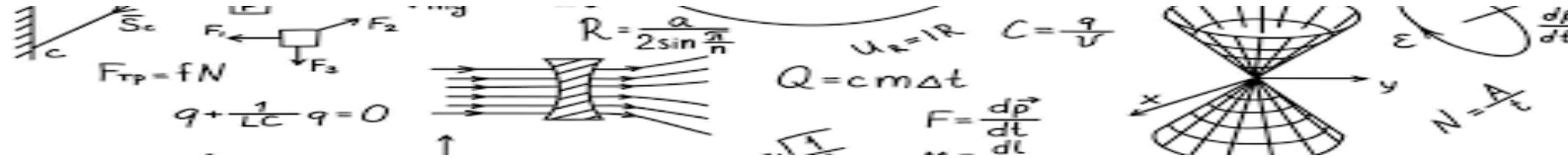
Latihan ... 1

Pilihan Ganda

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan memberi tanda silang (X) dan proses pengerjaannya!

- Di antara besaran berikut, yang merupakan besaran vektor adalah
 - massa
 - kelajuan
 - gaya
 - jarak
 - waktu
- Energi kinetik suatu benda yang dalam sistem SI dinyatakan dalam joule, adalah....
 - $\text{kg m}^2\text{s}^{-2}$
 - kg m s^{-2}
 - $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$
 - $\text{kg m}^{-2}\text{s}$
 - $\text{kg}^{-1} \text{m}^2\text{s}^{-2}$
- $\text{M}^a\text{L}^b\text{T}^c$ adalah formula dimensi dari daya listrik, maka nilai $5a + 2b - 6c$ adalah....
 - 9
 - 25
 - 27
 - 30
 - 35
- Sebuah balok diukur ketebalannya dengan jangka sorong. Skala yang ditunjukkan dari hasil pengukuran tampak pada gambar. Besarnya hasil pengukuran adalah....
 - 3,19 cm
 - 3,14 cm
 - 3,10 cm
 - 3,04 cm
 - 3,00 cm
- Kedudukan skala sebuah mikrometer sekrup yang digunakan untuk mengukur diameter sebuah bola kecil ditunjukkan pada gambar. Berdasarkan gambar, dapat dilaporkan diameter bola kecil adalah....
 - 11,15 mm
 - 9,17 mm
 - 8,16 mm
 - 5,57 mm
 - 5,66 mm



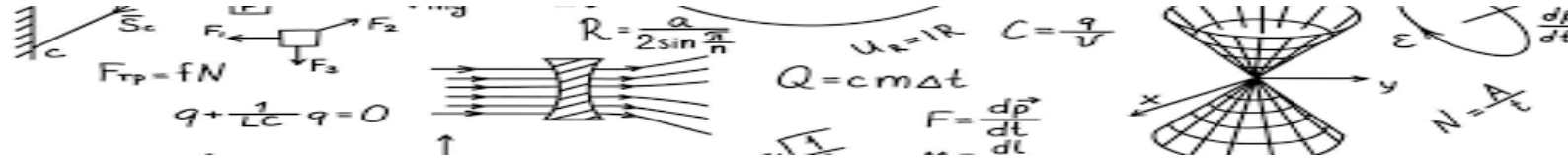


6. Dalam suatu eksperimen untuk menentukan massa jenis sebuah bola p , massa bola m dan diameternya d diukur. Ketidakpastian d sebesar 1%. Nilai p ditentukan dengan menggunakan rumus $p = \frac{3m}{2\pi d^3}$. Nilai ketidakpastian hitungan p sebesar
- A. 21% C. 8% E. 3%
- B. 16% D. 6%

Uraian

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

- Tentukanlah dimensi dari besaran (a) massa jenis dan (b) usaha!
- Tentukanlah dimensi untuk besaran energi kinetik (E_k) yang rumusnya: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, dengan m adalah massa dan v adalah kelajuan!
- Gaya tarik-menarik antara dua benda yang massanya m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r dapat dinyatakan dengan persamaan: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, dengan G adalah suatu konstanta. Tentukanlah dimensi dan satuan G !
- Rumus perpindahan suatu benda (x) dituliskan sebagai berikut: $x = c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3$. Tentukanlah dimensi dari c_1 , c_2 , dan c_3 !
- Sebuah helikopter memiliki daya angkat P yang hanya bergantung pada berat beban total w (berat helikopter ditambah berat beban) yang diangkat, massa jenis udara ρ , dan panjang baling-baling helikopter l . Tentukan persamaan daya angkat P dalam w , l dan ρ .
- Tentukanlah banyak angka penting pada hasil pengukuran berikut!
 - 2,80001 kg
 - 0,0555 s
 - 3,22 m
 - 4,9000 kg
 - 2500,0 A
 - 14,667 K
 - $2,3 \times 10^7$ m
- Konversikanlah satuan berikut!
 - $1 \text{ km} = \dots \text{ m}$
 - $1 \text{ Tm} = \dots \text{ mm}$
 - $1 \mu\text{g} = \dots \text{ kg}$



(d) $100 \text{ kg/m}^3 = \dots \text{ g/cm}^3$

(e) $18 \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$

8. Operasikanlah dengan aturan angka penting!

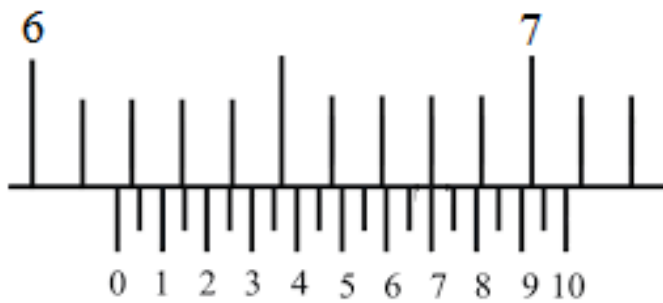
(a) $15,34 \times 2,9 = \dots$

(b) $16,59 : 1,15 = \dots$

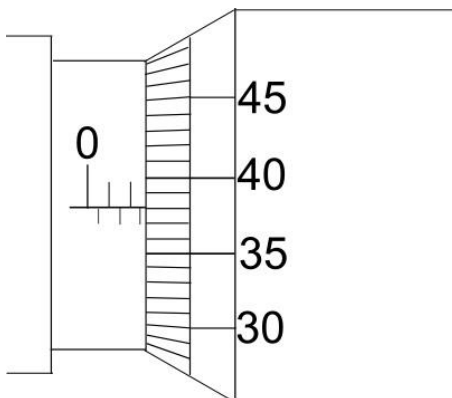
(c) $987,9999 - 2,1 + 9,667 = \dots$

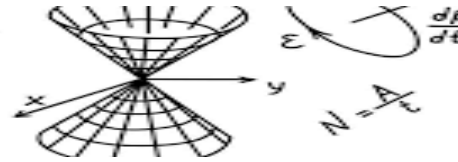
(d) $0,67 \times 3,88 = \dots$

9. Hasil pengukuran pada sebuah benda dengan jangka sorong di bawah ini adalah ... m.



10. Hasil pengukuran pada sebuah logam dengan mikrometer sekrup adalah ... m.





Tujuan Pembelajaran

1. Membedakan besaran vektor dan skalar.
2. Menggambar sebuah vektor.
3. Menggambar dengan metode poligon untuk menjumlahkan beberapa vektor.
4. Menggambar dengan metode jajargenjang untuk menjumlahkan beberapa vektor.
5. Menghitung besar dan arah resultan dua vektor dengan aturan jajargenjang.
6. Menentukan besar dan arah vektor resultan dengan metode dekomposisi

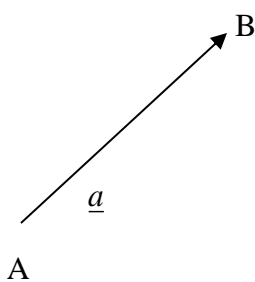
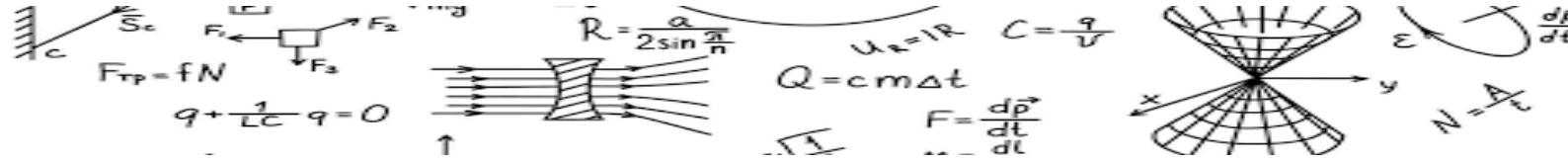
Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki besar (nilai) saja. Beberapa besaran skalar di antaranya: semua besaran pokok, jarak, laju, usaha atau energi, daya, massa jenis, luas, volum, tekanan, muatan listrik, potensial listrik, kapasitas, dan kuat arus listrik.

Besaran vektor adalah besaran yang memiliki besar (nilai) dan juga arah. Beberapa besaran vektor di antaranya: perpindahan, kecepatan, percepatan, gaya, impuls, momentum, momen gaya, kuat medan listrik, dan kuat medan magnet (induksi magnet). Besar (nilai) dari suatu besaran vektor selalu positif.

Penulisan Vektor

Penulisan lambang dan besar suatu vektor dengan tulis tangan berbeda dengan buku cetakan. Untuk tulis tangan, lambang suatu vektor biasanya dituliskan dengan satu huruf besar di atas huruf ini diberi tanda anak panah, misalnya \vec{A} atau \vec{B} . Sementara besar suatu vektor biasanya ditulis dengan menggunakan tanda harga mutlak, misalnya $|\vec{A}|$ atau $|\vec{B}|$. Untuk buku cetakan, lambang vektor umumnya dicetak dengan huruf besar yang dicetak tebal, misalnya **A** atau **B**. Sementara besar vektor umumnya dicetak dengan *huruf miring*, misalnya *A* atau *B*.

Suatu vektor digambarkan dengan suatu anak panah di mana panjangnya anak panah menyatakan besarnya vektor dan arah anak panah menunjukkan arah dari vektor.



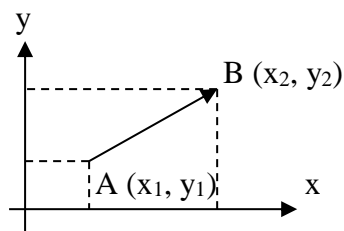
Gambar ini menunjukkan gambar vektor, A disebut titik tangkap vektor / titik pangkal vektor dan B disebut titik ujung vektor (terminal).

Vektor tersebut dinyatakan : \overrightarrow{AB} atau \underline{a} .

Di dalam bidang datar (R^2) suatu vektor yang titik pangkalnya di A (x_1, y_1) dan titik ujungnya di B (x_2, y_2) dapat dituliskan dalam bentuk komponen :

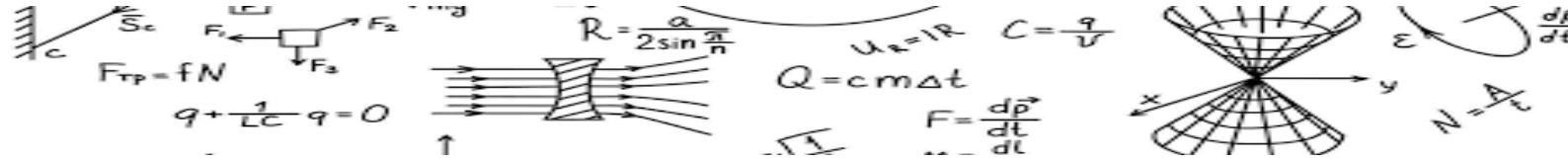
$$\overrightarrow{AB} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{pmatrix}$$

Dilukiskan sebagai :




Vektor dalam bidang datar juga dapat dinyatakan dalam bentuk :

- Kombinasi linear vektor satuan i, j , misalnya vektor $\underline{a} = xi + yj$.
- Koordinat kartesius, yaitu : $\underline{a} = (a_1, a_2)$.
- Koordinat kutub, yaitu : $\underline{a} = r \angle \theta$ dengan $r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ dan $\text{tg } \theta = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.

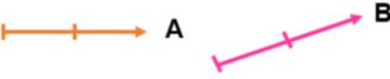


i. Dua vektor sama jika arah dan besarnya sama


 **A = B**

ii. Dua vektor dikatakan tidak sama jika :


1. Besar sama, arah berbeda

 **A ≠ B**

2. Besar tidak sama, arah sama

 **A ≠ B**

3. Besar dan arahnya berbeda

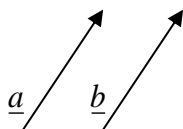
 **A ≠ B**

Vektor memiliki sifat-sifat seperti di bawah ini.

- Dapat dipindahkan asalkan besar dan arahnya tidak berubah
- Dapat dijumlahkan
- Dapat dikurangkan
- Dapat diuraikan
- Dapat dikalikan

Istilah dalam Vektor

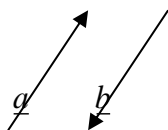
1. Kesamaan Dua Vektor



Dua buah vektor \underline{a} dan \underline{b} dikatakan sama apabila keduanya mempunyai besar (panjang) dan arah yang sama.

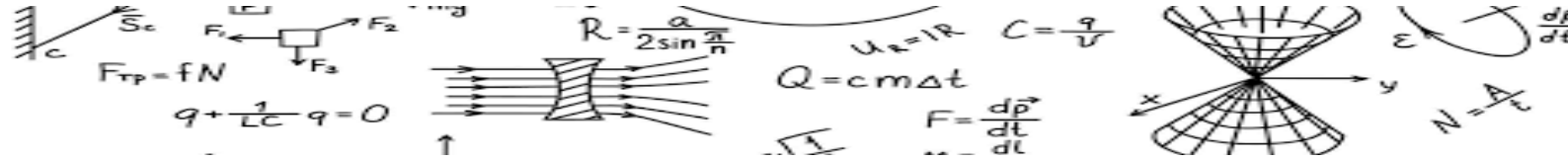
Diperoleh: $\underline{a} = \underline{b}$

2. Vektor Negatif



Vektor negatif dari \underline{a} adalah vektor yang besarnya sama dengan vektor \underline{a} tetapi arahnya berlawanan dan ditulis $-\underline{a}$.

Diperoleh: $\underline{a} = -\underline{b}$.



3. Vektor Nol

Vektor nol adalah vektor yang besar / panjangnya nol dan arahnya tak tentu. Pada sistem koordinat kartesius vektor nol digambarkan berupa titik. Di ruang dimensi dua vektor nol dilambangkan dengan $\underline{O} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

4. Vektor Posisi

Vektor posisi adalah vektor yang titik pangkalnya terletak pada pusat koordinat $O(0,0)$ dan titik ujungnya berada pada koordinat lain. Vektor posisi pada R^2 dari titik $A(x,y)$ dinyatakan sebagai kombinasi linear vektor satuan sebagai berikut :

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

Penulisan vektor \vec{i} dan \vec{j} menyatakan vektor satuan pada sistem koordinat. Vektor satuan \vec{i} adalah vektor yang searah dengan sumbu X positif dan besarnya 1 satuan. Vektor satuan \vec{j} adalah vektor yang searah dengan sumbu Y positif dan besarnya 1 satuan.

5. Modulus atau Besar Vektor atau Panjang vektor

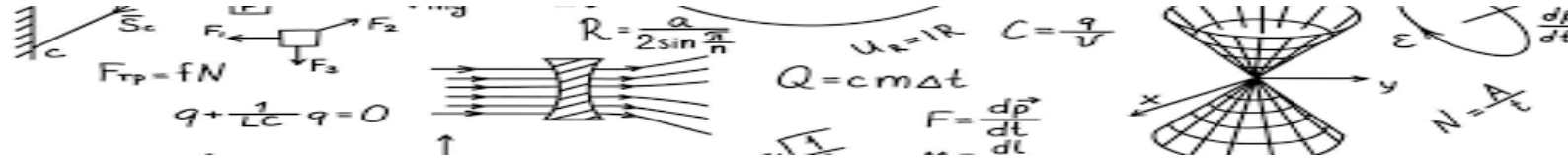
Misalnya $\underline{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = a_1\vec{i} + a_2\vec{j}$, panjang vektor \underline{a} dinotasikan $|\underline{a}|$ dengan $|\underline{a}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$.

Jika diketahui titik A (x_1, y_1) dan B (x_2, y_2). Secara analitis, diperoleh komponen vektor

$$\overrightarrow{AB} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{pmatrix}.$$

Panjang vektor \overrightarrow{AB} dapat dirumuskan :

$$|\overrightarrow{AB}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$



6. Vektor Satuan

Vektor satuan adalah vektor yang mempunyai panjang (besar) 1 satuan. Vektor satuan dapat ditentukan dengan cara membagi vektor tersebut dengan besar (panjang) vektor semula.

Vektor satuan dari vektor \underline{a} dirumuskan: $\underline{e} = \frac{\underline{a}}{|\underline{a}|}$.

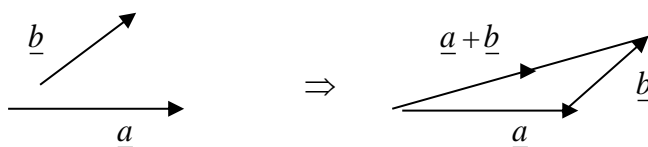
Operasi dan Pelukisan Vektor

1. Operasi Penjumlahan Vektor

Penjumlahan dua vektor dapat dikerjakan dalam dua cara yaitu cara grafis dan analitis.

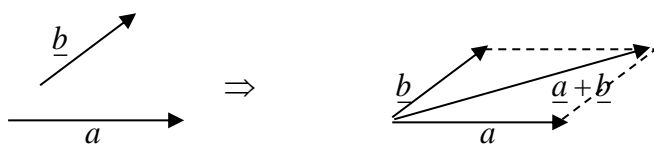
a. Cara Grafis

1) Dengan cara penjumlahan segitiga atau segitiga vektor

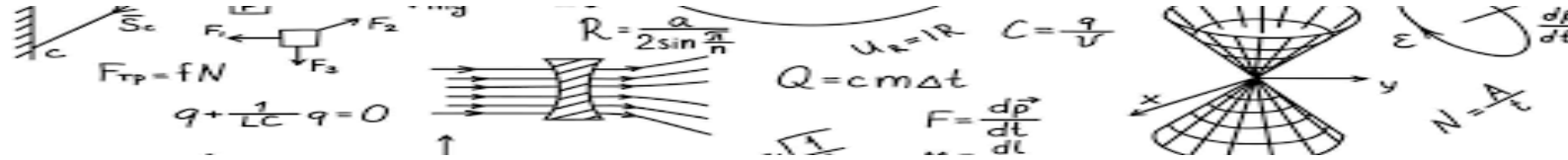


Cara: pangkal vektor \underline{b} digeser ke ujung vektor \underline{a} maka vektor hasil $\underline{a} + \underline{b}$ adalah vektor yang menghubungkan pangkal vektor \underline{a} dengan ujung vektor \underline{b} .

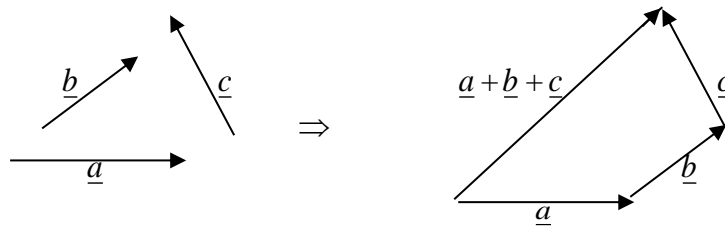
2) Dengan cara penjumlahan jajar genjang atau jajar genjang vektor



Cara: pangkal vektor \underline{b} digeser ke pangkal vektor \underline{a} , dilukis jajar genjang, maka diagonal dari ujung persekutuan adalah $\underline{a} + \underline{b}$.

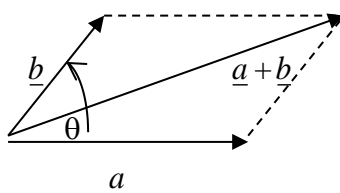


Untuk melakukan penjumlahan lebih dari dua vektor digunakan aturan segi banyak (potongan) atau poligon.



b. Cara Analitis

- 1) Apabila kedua vektor diketahui mengapit sudut tertentu, maka dapat digunakan perhitungan dengan memakai rumus aturan cosinus seperti pada trigonometri.



Apabila sudut antara \underline{a} dan \underline{b} adalah θ , maka :

$$(\underline{a} + \underline{b})^2 = \underline{a}^2 + \underline{b}^2 + 2 \underline{a} \underline{b} \cos \theta$$

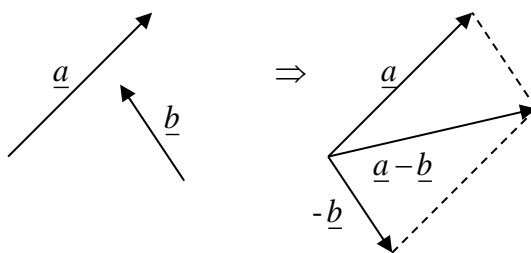
$$(\underline{a} + \underline{b}) = \sqrt{\underline{a}^2 + \underline{b}^2 + 2 \underline{a} \underline{b} \cos \theta}$$

- 2) Jika vektor disajikan dalam bentuk komponen (dalam bidang kartesius) maka penjumlahan dapat dilakukan dengan menjumlahkan komponennya.

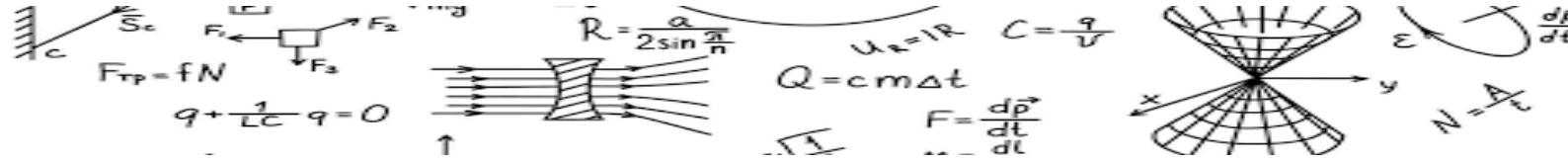
Misalnya: $\underline{a} = \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix}$ dan $\underline{b} = \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix}$ maka $\underline{a} + \underline{b} = \begin{pmatrix} x_A + x_B \\ y_A + y_B \end{pmatrix}$

2. Pengurangan Vektor

Memperkurangkan vektor \underline{b} dari vektor \underline{a} didefinisikan sebagai menjumlahkan vektor negatif \underline{b} pada vektor \underline{a} dan ditulis : $\underline{a} - \underline{b} = \underline{a} + (-\underline{b})$.



Apabila vektor disajikan dalam bentuk komponen (dalam bidang kartesius) maka pengurangan dapat dilakukan dengan mengurangi komponen-komponennya.



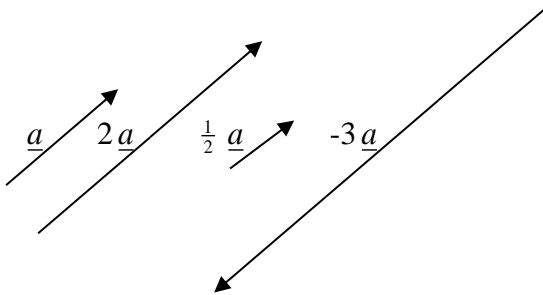
3. Perkalian Vektor dengan Skalar

Jika \underline{a} suatu vektor dan m adalah skalar (bilangan nyata), maka $m\underline{a}$ atau $\underline{a}m$ adalah suatu vektor dengan kemungkinan :

- Jika $m > 0$ maka $m\underline{a}$ adalah vektor yang besarnya m kali \underline{a} dan searah dengan \underline{a} .
- Jika $m < 0$ maka $m\underline{a}$ adalah vektor yang besarnya m kali \underline{a} dan arahnya berlawanan dengan \underline{a} .
- Jika $m = 0$ maka $m\underline{a}$ adalah vektor nol.

Contoh perkalian vektor dan skalar:

- Vektor diberikan dalam bentuk gambar



- Vektor diberikan dalam bentuk komponen

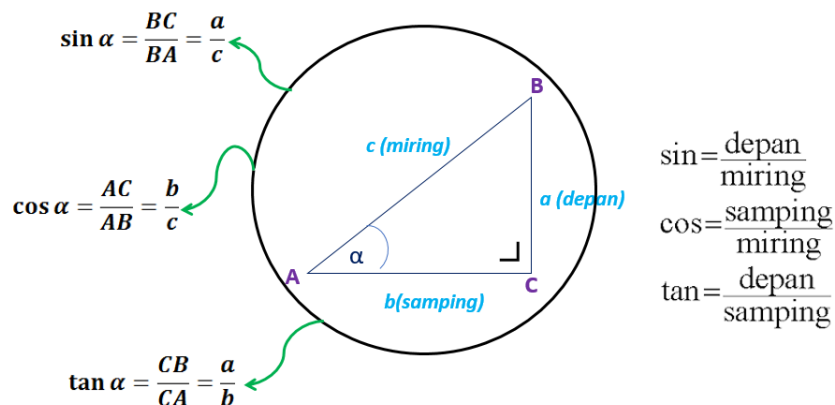
$$\text{Jika } \underline{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ maka } 2\underline{a} = 2 \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix}$$

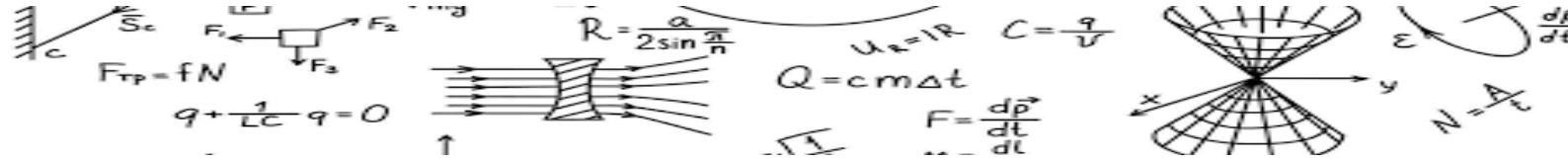
$$\text{Jika } \underline{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ maka } \frac{1}{2} \underline{b} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Jika } \underline{c} = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \end{pmatrix} \text{ maka } -2\underline{c} = -2 \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ -10 \end{pmatrix}$$

Apabila titik-titik dalam vektor dapat dinyatakan sebagai perkalian vektor yang lain, titik-titik itu disebut kolinier (segaris).

Komponen Vektor

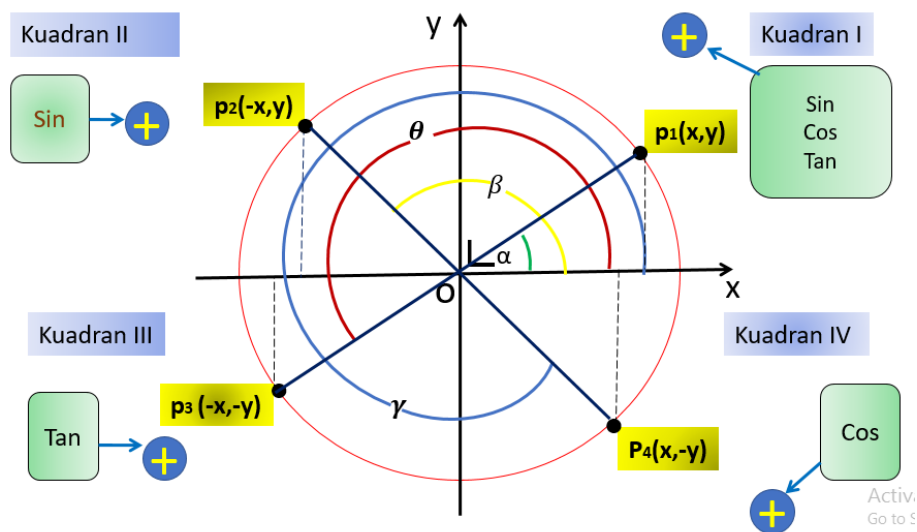




Nilai Perbandingan Sudut-sudut Istimewa

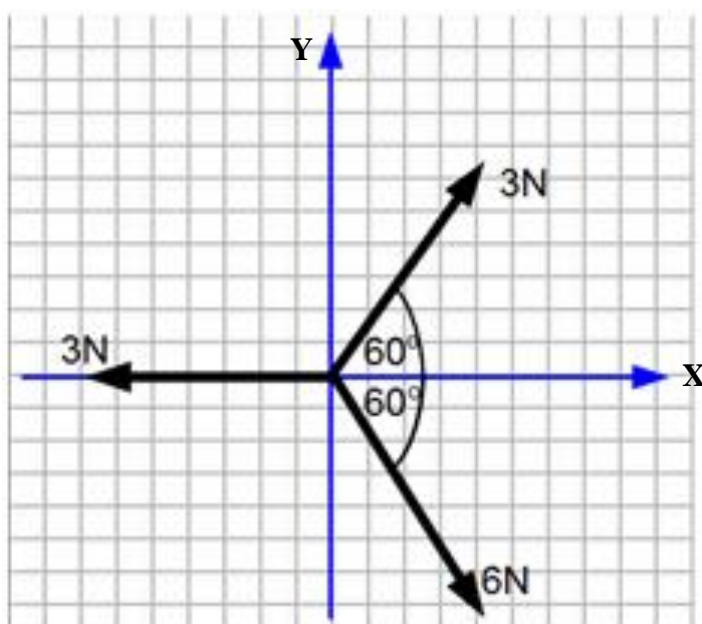
x°	0°	30°	45°	60°	90°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1
cos	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	~

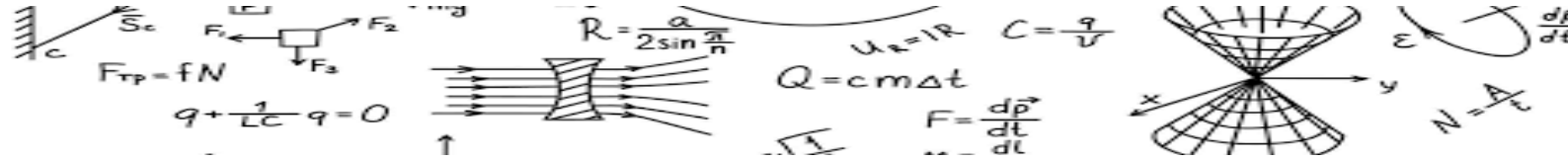
Kuadran Trigonometri



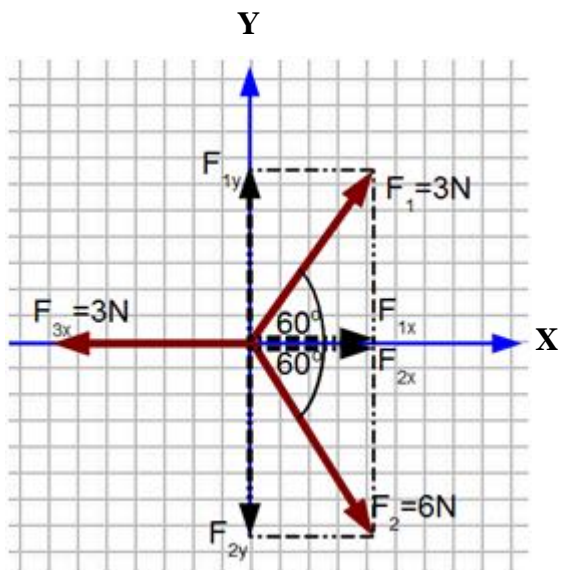
Contoh ... 2

Tentukanlah komponen-komponen vektor berikut terhadap sumbu-x dan y!



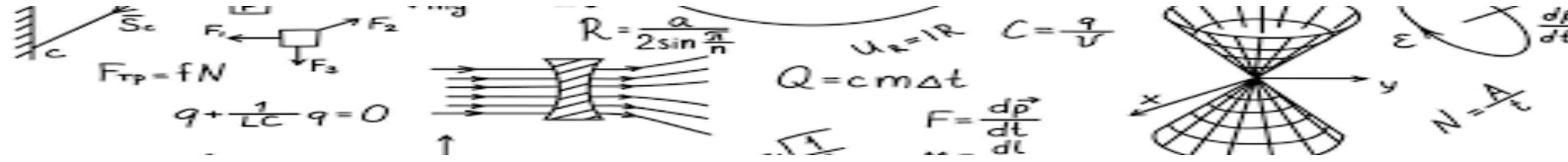


Pembahasan:



Komponen-komponen vektor tersebut yaitu:

Vektor	Sudut	Komponen X	Komponen Y
$F_1 = 3\text{ N}$	60°	$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ$ $= 3 \times \frac{1}{2}$ $= \frac{3}{2}\text{ N}$	$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ$ $= 3 \times \frac{1}{2} \sqrt{3}$ $= \frac{3}{2} \sqrt{3}\text{ N}$
$F_2 = 6\text{ N}$	60°	$F_{1x} = F_1 \cos -60^\circ$ $= 6 \times \frac{1}{2}$ $= 3\text{ N}$	$F_{1y} = F_1 \sin -60^\circ$ $= 6 \times -\frac{1}{2} \sqrt{3}$ $= -3 \sqrt{3}$
$F_2 = 3\text{ N}$	180°	$F_{1x} = F_1 \cos 180^\circ$ $= 3 \times -1$ $= -3\text{ N}$	$F_{1y} = F_1 \sin 180^\circ$ $= 6 \times 0$ $= 0$
Total		$\sum F_x = \frac{3}{2}\text{ N}$	$\sum F_y = (-\frac{3}{2})\sqrt{3}\text{ N}$

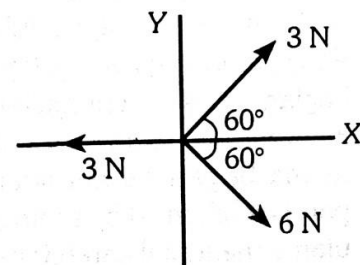


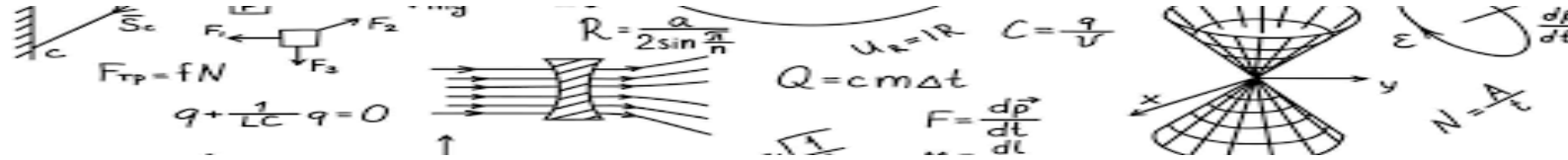
Latihan ... 2

Pilihan Ganda

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan memberi tanda silang (X) dan proses pengerjaannya!

- Semua besaran di bawah ini merupakan besaran vektor, *kecuali*....
 A. kecepatan
 B. percepatan
 C. laju
 D. perpindahan
 E. momentum
- Dua vektor A dan B besarnya 20 dan 10 satuan. Jika sudut antara kedua vektor itu adalah 60° , maka besar dari A-B adalah....
 A. 10
 B. $10\sqrt{3}$
 C. 15
 D. 20
 E. $20\sqrt{3}$
- Ditentukan 2 buah vektor F yang sama besarnya. Bila perbandingan antara besar jumlah dan besar selisih kedua vektor sama dengan $\sqrt{3}$, maka besar sudut yang dibentuk oleh kedua vector adalah
 A. 30°
 B. 60°
 C. 90°
 D. 120°
 E. 150°
- Dua buah vektor masing-masing 10 satuan dan 5 satuan. Vektor tersebut satu sama lainnya saling tegak lurus, maka hasil perkalian titiknya adalah....
 A. nol
 B. 15 satuan
 C. 25 satuan
 D. 40 satuan
 E. 50 satuan
- Perhatikan gambar gaya-gaya berikut ini. Resultan ketiga gaya tersebut adalah....
 A. 0
 B. 2 N
 C. $2\sqrt{3}$ N
 D. 3 N
 E. $3\sqrt{3}$ N





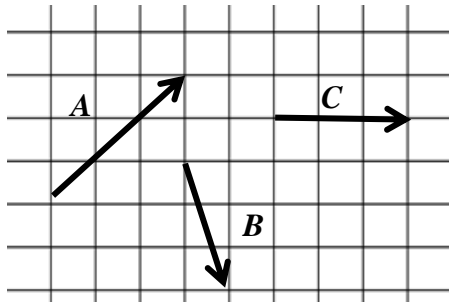
Uraian

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

1. Lukislah vektor resultan berikut:

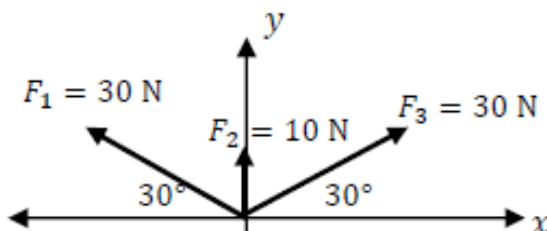
- a) $R = \vec{A} - \vec{B} + \vec{C}$ (dengan metode poligon)
 b) $R = \vec{A} - \vec{C}$ (dengan metode jajargenjang)

Jika diketahui bahwa:



2. Dua buah vektor gaya F_1 dan F_2 masing-masing besarnya 4 N dan 5 N dan memiliki titik pangkal berimpit. Hitunglah nilai resultan vektor ini jika sudut apit antara kedua vektor tersebut adalah 60° !

3. Tentukan besar dan arah dari resultan vektor-vektor berikut!

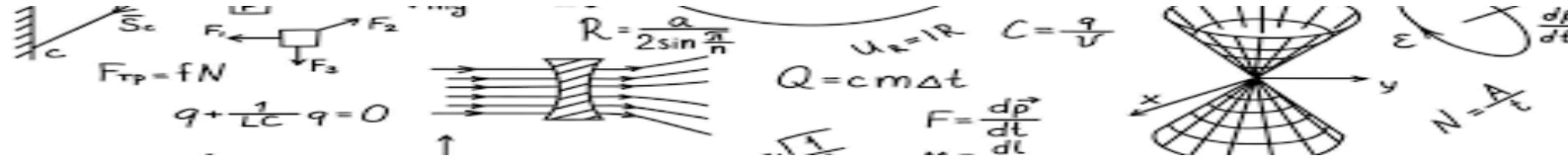


4. Terdapat 3 buah vektor yang digambarkan pada diagram Cartesius. Besar vektor dan sudut yang dibentuk dengan sumbu X positif terdapat pada tabel di bawah.

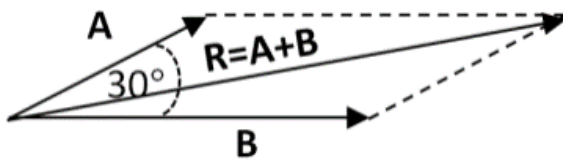
Vekto r	Sudut (Xpositif)	Besar Vektor	Komponen pada sumbu X (F_x)	Komponen pada sumbu Y (F_y)
F_1	30°	20
F_2	120°	$10\sqrt{3}$
F_3	225°	40
JUMLAH			$R_x = \dots$	$R_y = \dots$

Berdasarkan data tabel tersebut:

- a) Lengkapilah data tabel tersebut!
 b) Tentukan besar resultan ketiga vektor tersebut!
 c) Tentukan arah resultan ketiga vektor tersebut!



5. Jika diketahui bahwa $\vec{A} = 10 \text{ N}$ dan $\vec{B} = 20 \text{ N}$. Tentukanlah besar vektor resultan dan arah resultan di bawah ini!





Tujuan Pembelajaran

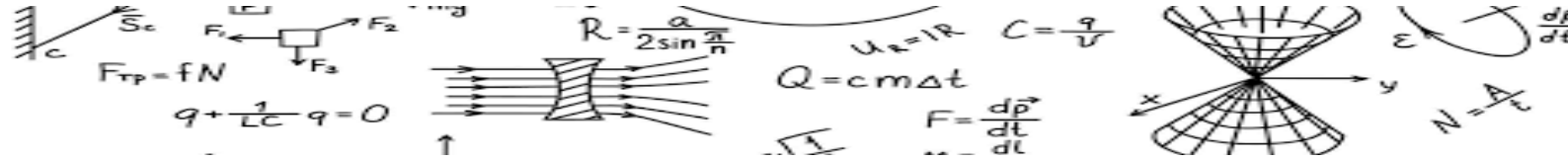
1. Memahami konsep posisi, jarak, perpindahan, kecepatan dan kelajuan.
2. Memahami konsep dan menganalisis gerak lurus beraturan.
3. Memahami konsep dan menganalisis gerak lurus berubah beraturan.
4. Memahami konsep dan menganalisis gerak vertikal ke bawah.
5. Memahami konsep dan menganalisis gerak vertikal ke atas.
6. Memahami konsep dan menganalisis gerak jatuh bebas.



Kinematika adalah bagian dari mekanika yang mempelajari tentang gerak tanpa memperhatikan apa/siapa yang menggerakkan benda tersebut. Bila gaya penggerak ikut diperhatikan maka apa yang dipelajari merupakan bagian dari dinamika.

Gerak benda di alam ini dapat dipahami melalui Fisika khususnya tentang ilmu gerak atau kinematika. Dalam kinematika tidak membahas tentang gaya-gaya yang berpengaruh di dalam gerak itu, melainkan membahas perubahan-perubahan yang tampak pada rentang waktu benda melakukan gerak. Misalnya jarak dan perpindahan, kecepatan sesaat, kecepatan rata-rata, percepatan yang dialami benda. Pada gerak lurus kelajuan yang dilakukan gerak benda dapat selalu konstan sehingga geraknya dinamakan gerak lurus beraturan. Tetapi bila kelajuan benda berubah-ubah maka geraknya dinamakan gerak lurus berubah beraturan.



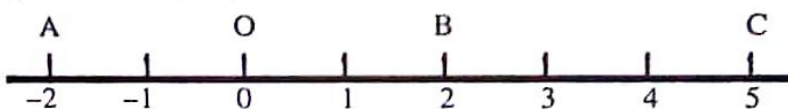


Jarak & Perpindahan

Suatu benda dikatakan bergerak bila kedudukannya selalu berubah terhadap suatu acuan. Ilmu yang mempelajari gerak tanpa mempersoalkan penyebabnya disebut Kinematika. Gerak lurus disebut juga sebagai gerak satu dimensi.

Kedudukan adalah letak suatu benda pada suatu waktu tertentu terhadap suatu titik acuan tertentu. Kedudukan suatu benda dapat terletak di sebelah kanan atau kiri titik acuan. Pada umumnya ditetapkan kedudukan di sebelah kanan titik acuan sebagai kedudukan positif dan kedudukan di sebelah kiri titik acuan sebagai kedudukan negative. Selain arahnya (tanda positif atau negatif) kedudukan ditentukan pula oleh jarak benda tersebut terhadap titik acuan, sehingga kedudukan merupakan besaran vektor.

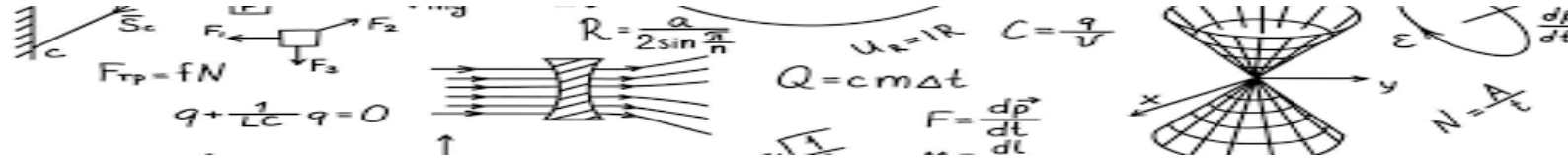
Perhatikan gambar berikut ini!



Misalkan B dijadikan titik acuan, maka kedudukan A berjarak 4 di sebelah kiri B, ditulis $X_A = -4$, dan kedudukan C berjarak 3 di sebelah kanan B, ditulis $X_C = +3$.

Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda dalam selang waktu tertentu. Perpindahan adalah perubahan kedudukan suatu benda dalam selang waktu tertentu. Perpindahan hanya bergantung pada kedudukan awal dan kedudukan akhir serta tidak bergantung pada lintasan yang ditempuh benda. Untuk perpindahan satu dimensi sepanjang sumbu-X arah perpindahan akan dinyatakan oleh tanda positif atau negatif. Perpindahan berarah ke kanan dinyatakan dengan tanda positif dan perpindahan berarah ke kiri dinyatakan dengan tanda negatif. Misalkan, suatu benda pada kedudukan awal X_1 lalu berpindah ke kedudukan akhir X_2 , maka perpindahan benda dirumuskan:

$$\Delta X = X_2 - X_1$$



Latihan Mandiri

Perhatikan gambar di samping!

Tentukan:

Jarak BCD =

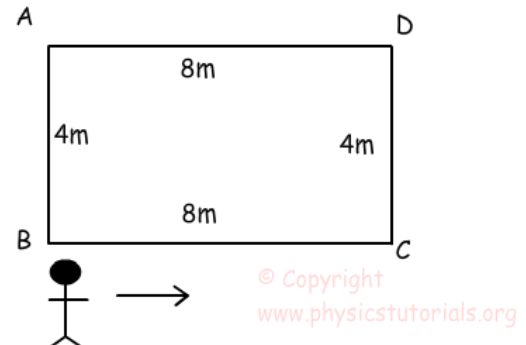
Jarak BCDA =

Jarak BCDAB =

Perpindahan BCD =

Perpindahan BCDA =

Perpindahan BCDAB =

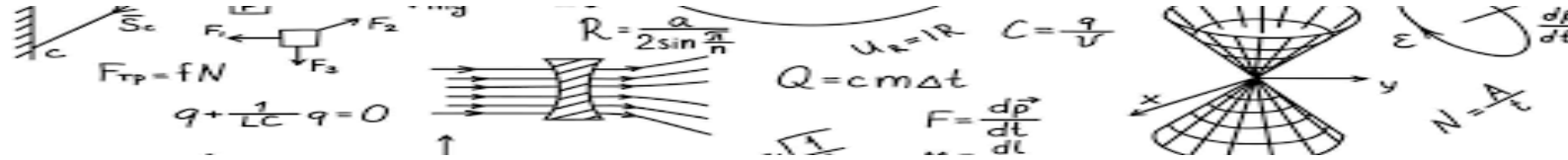


Kelajuan & Kecepatan

Kelajuan merupakan besaran yang tidak bergantung pada arah, sehingga kelajuan merupakan besaran skalar. Kelajuan selalu bernilai positif. Alat untuk mengukur kelajuan adalah spidometer. Kecepatan merupakan besaran yang bergantung pada arah, sehingga kecepatan merupakan besaran vector. Alat untuk mengukur kecepatan adalah velocitometer.

Perbedaan kelajuan dan kecepatan adalah sebagai berikut.

Kecepatan	Kelajuan
Besaran vektor	Besaran skalar
Perpindahan	Jarak
Kecepatan rata-rata $\vec{v} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} = \frac{x_1 + x_2}{t_1 + t_2}$ $\vec{v} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	Kelajuan rata-rata $v = \frac{\text{total jarak}}{\text{selang waktu}} = \frac{x_1 + x_2}{t_1 + t_2}$ $v = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
Velocitometer	Speedometer



a. Kelajuan Rata-rata dan Kecepatan Rata-rata

Kelajuan rata-rata didefinisikan sebagai hasil bagi antara jarak total yang ditempuh dengan selang waktu untuk menempuhnya.

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

dengan: \bar{v} = kelajuan rata-rata

s = jarak tempuh total

t = waktu

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai hasil bagi antara perpindahan dengan selang waktu.

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

dengan: \bar{v} = kecepatan rata-rata

Δx = perpindahan

Δt = selang waktu

Kelajuan/kecepatan rata-rata menggambarkan kelajuan/kecepatan dalam suatu jarak/perpindahan tertentu.

b. Kelajuan Sesaat dan Kecepatan Sesaat

Kelajuan sesaat adalah kelajuan benda pada suatu saat. Sedangkan kecepatan sesaat berarti kecepatan benda pada suatu saat.

Kecepatan sesaat dinyatakan oleh

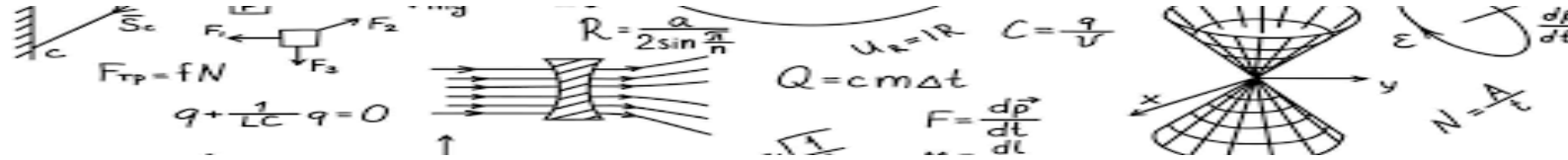
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Dalam notasi kalkulus persamaan di atas ditulis menjadi:

$$v = \frac{dx}{dt}$$

dengan: v = kecepatan sesaat, dan

$\frac{dx}{dt}$ = turunan $X(t)$ terdapat t .



Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

1. Nina berjalan lurus 500 m ke timur lalu berbelok dan berjalan sejauh 1200 m ke selatan. Tentukanlah besar jarak dan perpindahan Nina!
2. Rudi menaiki tangga vertikal dari lantai sampai ke ujung tangga yang tingginya 3,2 m dan kemudian turun kembali sejauh $\frac{1}{4}$ panjang tangga tersebut. Tentukanlah besar jarak dan perpindahan Rudi!
3. Sebuah mobil bergerak sejauh 12 km ke utara, kemudian berbelok ke timur sejauh 5 km. Tentukanlah jarak dan perpindahan mobil tersebut!
4. Seorang pelari berlari sejauh 3 km ke timur, kemudian pelari tersebut belok ke selatan sejauh 4 km, lalu kembali ke posisi awalnya sejauh 5 km. Berapakah jarak dan perpindahan yang ditempuh pelari tersebut?
5. Sebuah pesawat yang membawa penumpang sebanyak 200 orang terbang ke utara sejauh 6 km, kemudian belok ke barat sejauh 4 km. Oleh karena terdapat kabut yang sangat tebal, pesawat tersebut kehilangan arah sehingga pesawat berbelok sejauh 3 km ke selatan. Tentukanlah jarak dan perpindahan yang telah ditempuh pesawat tersebut!
6. Andi berenang di sebuah kolam renang yang memiliki ukuran $10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$. Andi hanya sanggup berenang 3,5 kali panjangnya. Berapakah perpindahan yang Andi tempuh?
7. Carilah informasi: “bagaimana cara kerja sebuah speedometer dan velocity-meter mengukur kelajuan dan kecepatan?”

Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak lurus beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda dengan kecepatan tetap. Kecepatan tetap artinya arah dan besarnya tetap. Pada gerak lurus beraturan berlaku:

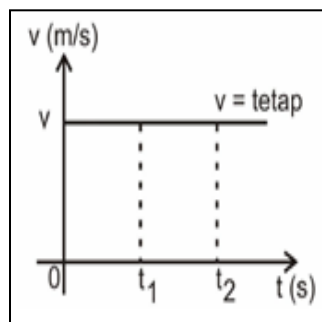
- Kecepatan dapat diganti dengan kelajuan
- Perpindahan dapat diganti dengan jarak

Hubungan antara jarak (s), kecepatan (v) dan selang waktu (t) pada gerak lurus beraturan adalah:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{atau} \quad s = v \cdot t$$

a. Grafik Kecepatan terhadap Waktu

Berikut ini adalah grafik kecepatan terhadap waktu ($v - t$) pada gerak lurus beraturan.



Pada gerak lurus beraturan, grafik kecepatan terhadap waktunya berbentuk garis lurus horizontal yang sejajar dengan sumbu waktu (t).

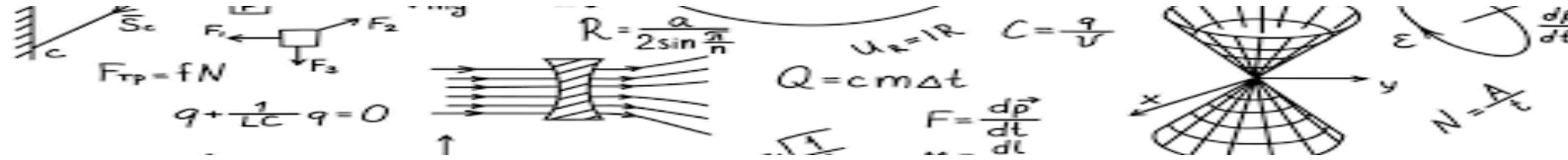
Dari grafik $v - t$ di atas kita dapat menentukan jarak (s)

$$s = v \cdot t$$

Pada grafik, v dan t masing-masing sebagai lebar dan panjang suatu daerah segiempat (daerah arsiran), sehingga

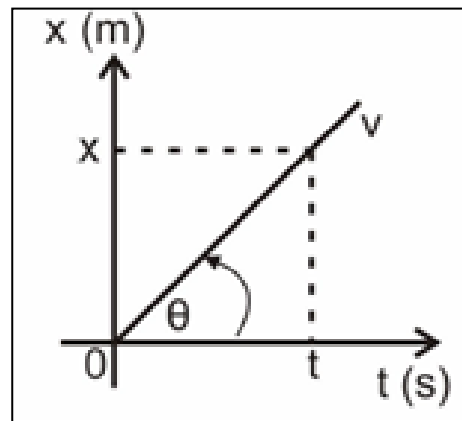
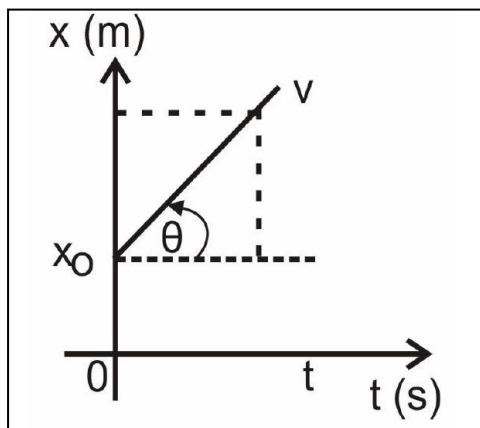
$$s = p \times \ell = \text{luas daerah segiempat (daerah arsiran)}$$

Jadi, luas daerah arsiran di bawah grafik $v - t$ menunjukkan jarak yang ditempuh.



b. Grafik Jarak terhadap Waktu

Berikut ini adalah grafik jarak terhadap waktu ($s - t$) pada gerak lurus beraturan.



Pada gerak lurus beraturan, grafik jarak terhadap waktu ($s - t$) berbentuk garis lurus miring ke atas melalui titik asal $O(0, 0)$. Kemiringan dari garis ini akan menyatakan kecepatan tetap gerak lurus beraturan (v). Jika garis tersebut membentuk sudut α terhadap sumbu waktu (t), maka kecepatan ditentukan oleh

$$v = \tan \alpha$$

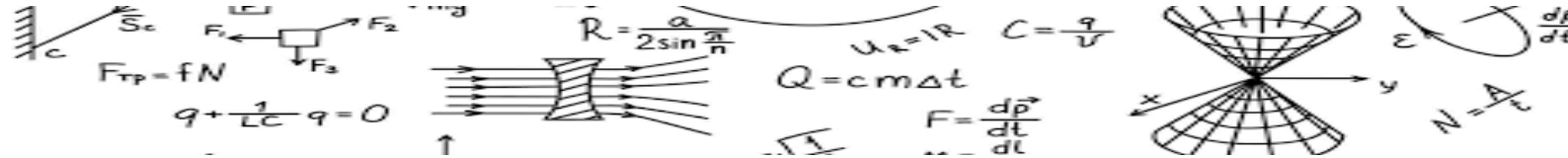
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Semakin curam garis tersebut (atau semakin besar sudut), maka kecepatan akan semakin besar.

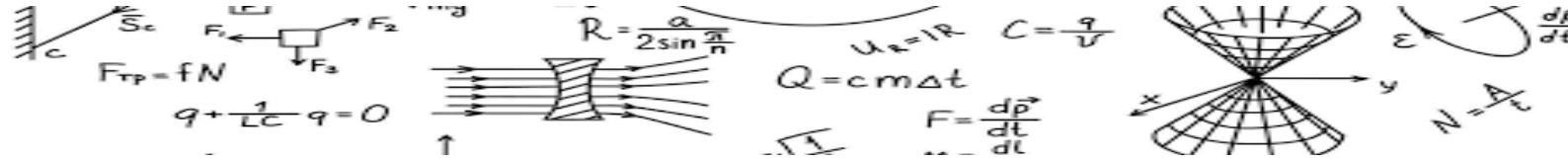
Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

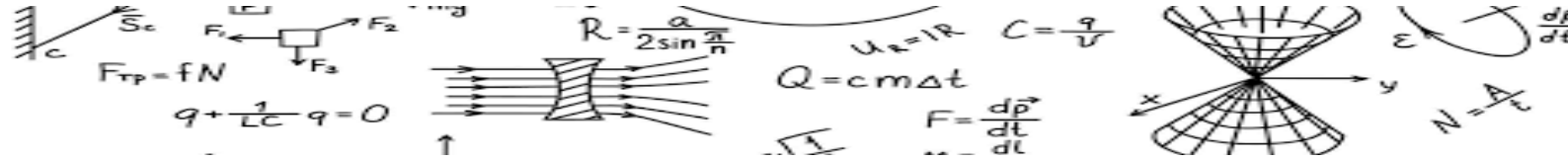
1. Ani ke sekolah dengan kecepatan 1 m/s jarak rumah ke sekolah 2 km. Berapa waktu yang diperlukan Ani dari rumah ke sekolah?
2. Dua kuda A dan B berlari berhadapan masing-masing dengan kecepatan 8 m/det dan 4 m/det. Kedua kuda terpisah pada jarak 36 meter. Hitunglah kapan dan dimana kedua kuda akan berpapasan!



3. Dua anak kecil Ali dan Tuti berlari lurus saling berhadapan masing-masing dengan kecepatan 3 m/det dan 2 m/det. Kedua anak itu awalnya terpisah pada jarak 50 m. Hitunglah kapan dan dimana Ali dan Tuti akan berpapasan!
4. Ali berada 20 meter di belakang Tony. Tony berlari dengan kecepatan 3 m/det, Ali mengejar dengan kecepatan 5 m/det.
 - a) Hitunglah setelah berapa detik Ali mampu mengejar Tony!
 - b) Setelah Ali berlari berapa meter, Ali mampu mengejar Tony?
5. Seorang pencuri berada pada jarak 30 m dari polisi. Melihat polisi, pencuri berlari dengan kecepatan 5 m/det. Setelah 2 detik, polisi segera mengejar dengan kecepatan 7 m/det. Setelah berapa detik pencuri itu akan tertangkap? Setelah berlari berapa jauh polisi mampu mengejar pencuri itu? (*anggap tidak ada percepatan*)
6. Jarak kota Banda Aceh ke kota Medan adalah 420 km. Jarak tersebut dapat ditempuh dalam waktu 7 jam. Tentukanlah waktu yang diperlukan mobil tersebut untuk mencapai kota Pekanbaru yang memiliki jarak 900 km dari kota Banda Aceh!
7. Sebuah kereta api meninggalkan stasiun dan bergerak menuju stasiun lain dengan kecepatan 72 km/jam dalam waktu 2 jam. Kemudian, kereta itu bergerak menuju stasiun berikutnya dengan kecepatan 53 km/jam dalam waktu 3 jam. Berapakah kecepatan rata-rata kereta api tersebut selama perjalanan?
8. Kereta api A dan B yang terpisah sejauh 6 km, bergerak berlawanan arah. Kecepatan setiap kereta api adalah 60 km/jam untuk kereta api A dan 40 km/jam untuk kereta api B. Tentukanlah kapan dan di mana kedua kereta api tersebut berpapasan!
9. Seekor kura-kura bergerak dengan kecepatan tetap 15 cm/s. Hitunglah panjang lintasan yang ditempuh kura-kura setelah 5 detik!
10. Richard berenang menempuh kolam yang panjangnya 50 m selama 20 s. Kemudian dari situ dia berbalik ke kedudukan awal dalam 22 s. Hitunglah kecepatan rata-rata Richard pada:
 - a) bagian pertama perjalanannya.
 - b) bagian kedua perjalanannya.
 - c) keseluruhan perjalanannya.
11. Mobil bergerak di jalan tol Jagorawi. Pada jarak 10 km dari pintu gerbang tol, mobil bergerak dengan kecepatan tetap 90 km/jam selama 15 menit.
 - a) Hitunglah jarak yang ditempuh mobil selama 15 menit!
 - b) Hitunglah posisi mobil setelah bergerak 15 menit!



12. Berapa menit waktu yang dibutuhkan sebuah pesawat yang terbang dengan kecepatan 600 km/jam dari Jakarta ke Semarang yang jaraknya 370 km?
13. Dua sepeda A dan B bergerak dengan kecepatan tetap sepanjang garis PQ = 1.500 meter. A bergerak dari titik P dengan kecepatan 10 m/s dan berangkat 10 detik lebih dahulu. B bergerak juga dari titik P dengan kecepatan 15 m/s. Setelah A, B tiba di Q lalu memutar dan kembali dengan kecepatan tetap.
 - a) Di mana B menyusul A?
 - b) Di mana B berpapasan dengan A setelah kembali dari Q?
14. Dua sepeda A dan B mula-mula berjarak 1.200 m satu sama lain. Sepeda A dan B bergerak masing-masing dengan kecepatan 10 m/s dan 5 m/s.
 - a) Kapan dan di mana kedua sepeda itu bertemu jika keduanya bergerak saling berhadapan dan berangkat pada waktu yang bersamaan?
 - b) Di mana kedua sepeda itu bertemu jika B berangkat 15 detik lebih dahulu?
 - c) Tentukan kapan dan di mana kedua sepeda ini bertemu jika A dan B bergerak searah dan berangkat secara bersamaan?



Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dengan percepatan tetap. Percepatan tetap artinya besar dan arah percepatan tetap.

b. Percepatan Rata-rata dan Percepatan sesaat

Percepatan rata-rata (\bar{a}) didefinisikan sebagai hasil bagi antara perubahan kecepatan (Δv) dengan selang waktu berlangsungnya perubahan kecepatan tersebut (Δt).

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Jika dalam selang waktu $\Delta t = t_2 - t_1$ terjadi perubahan kecepatan $\Delta v = v_2 - v_1$, maka percepatan rata-rata dapat ditulis sebagai berikut.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Percepatan sesaat adalah perubahan kecepatan yang berlangsung dalam waktu singkat. Percepatan sesaat dirumuskan dengan:

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

Dalam SI satuan untuk percepatan (a) adalah m/s^2 .

Percepatan merupakan besaran vektor. Dengan demikian, untuk menyatakan percepatan kita harus menentukan besar dan arahnya. Jika arah percepatan searah dengan arah gerak awal, maka diberi tanda positif dan jika berlawanan, maka diberi tanda negatif.

Jika percepatan bernilai positif maka dikatakan benda mengalami gerak lurus dipercepat dan jika percepatan bernilai negatif, maka dikatakan benda mengalami gerak lurus diperlambat.

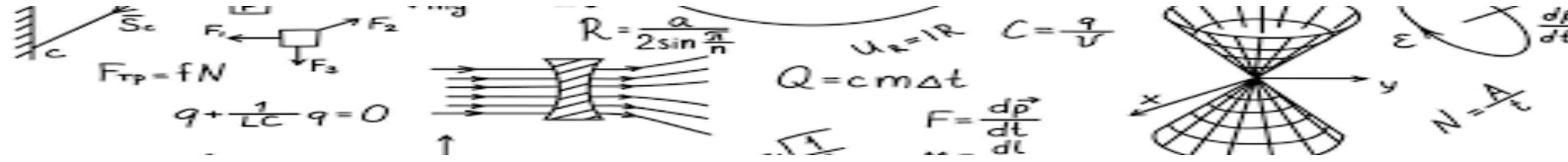
c. Persamaan Gerak pada GLBB

Pada gerak lurus berubah beraturan berlaku rumus-rumus berikut.

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

atau

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$



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

$$v_t^2 = v_0^2 + 2a \cdot s$$

dengan: v_t = kecepatan pada saat t (m/s)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

a = percepatan (m/s^2)

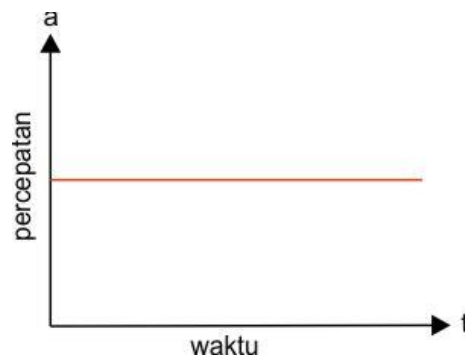
t = waktu (sekon [s])

s = jarak (m)

d. Grafik untuk GLBB

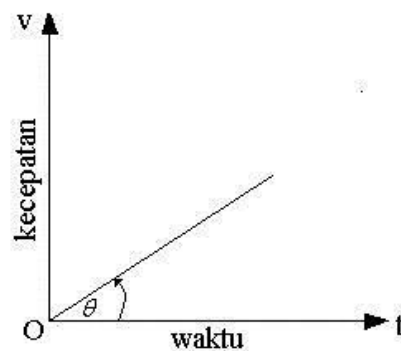
1) Grafik Percepatan terhadap Waktu ($a - t$)

Grafik percepatan terhadap waktu untuk GLBB berbentuk garis lurus horizontal yang sejajar dengan sumbu waktu (sumbu t).

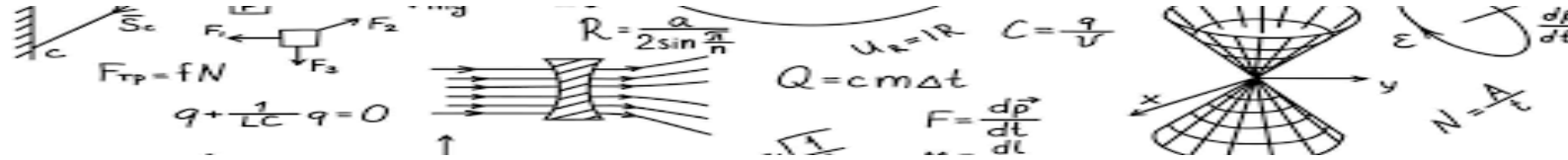


2) Grafik Kecepatan terhadap Waktu ($v - t$) untuk Percepatan Positif

Jika $V_0 = 0$, maka grafik kecepatan terhadap waktu berbentuk garis lurus miring ke atas dan melalui titik asal $O (0, 0)$.

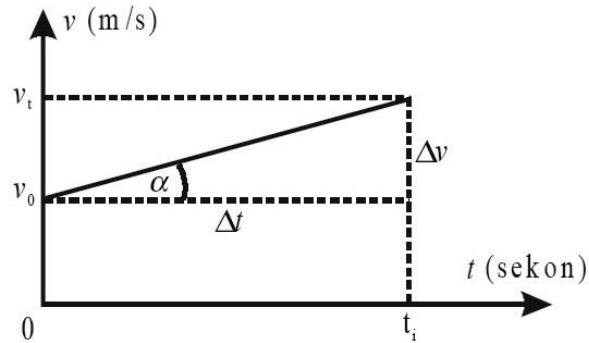


Pada GLBB, apabila grafik $v - t$ diketahui, maka kemiringan grafik menyatakan percepatannya. Dengan demikian;



$$a = \tan \alpha = \frac{v}{t}$$

Semakin curam kemiringan garis (atau semakin besar sudut α), maka percepatan semakin besar.



Dari data grafik $v - t$ di atas, kita dapat menentukan jarak (s).

$$s = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot at^2$$

$$s = 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{v}{t} \cdot t^2$$

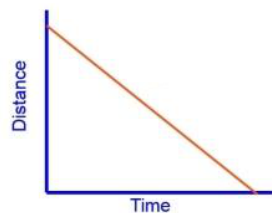
\Leftrightarrow

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

...1)

Dengan demikian, jarak yang ditempuh sama dengan luas segitiga yang diarsir dengan panjang alas t (waktu) dan tinggi v (kecepatan).

Jika $V_0 \neq 0$ maka grafik kecepatan terhadap waktu berbentuk garis lurus miring ke atas dimana untuk $t = 0$ grafik dimulai dari nilai V_0 .

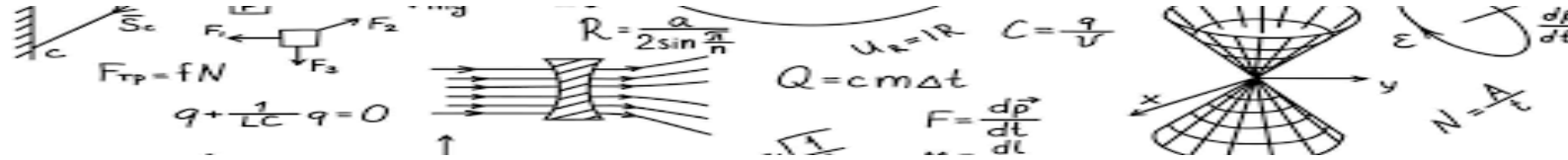


Dari grafik di atas, percepatan ditentukan oleh:

$$a = \tan \alpha = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Leftrightarrow s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \left(\frac{v_t - v_0}{t} \right) \cdot t^2$$



$$\Leftrightarrow s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}(v_t - v_0) \cdot t$$

$$\Leftrightarrow s = \frac{1}{2}v_0 \cdot t + \frac{1}{2}v_t \cdot t$$

$$s = \frac{(V_t - V_0) \times t}{t}$$

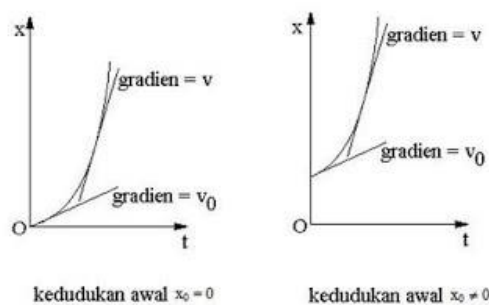
Dari grafik diatas jarak yang ditempuh sama dengan luas trapesium yang diarsir dengan panjang garis sejajar v_0 dan v_t dan tingginya t .

3) Grafik Kecepatan terhadap Waktu untuk Percepatan Negatif

Percepatan negatif merupakan percepatan yang berlawanan dengan kecepatan, sehingga menyebabkan kecepatan semakin lama semakin berkurang dan akibatnya suatu saat kecepatan akan sama dengan nol. Ini berarti benda berhenti.

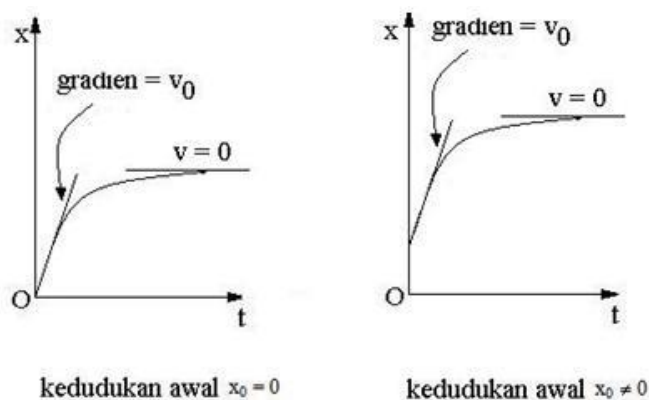
4) Grafik Jarak terhadap Waktu ($s - t$) untuk Percepatan Positif

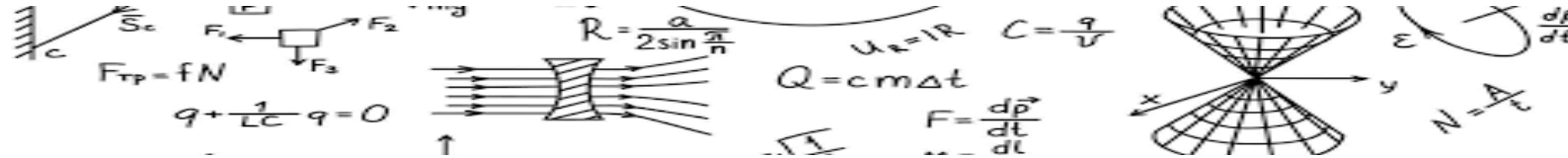
Grafik jarak terhadap waktu berbentuk parabola. Untuk percepatan positif, grafik $s - t$ berbentuk parabola terbuka keatas.



5) Grafik Jarak terhadap Waktu ($t - t$) untuk Percepatan Negatif

Untuk percepatan negatif, grafik $s - t$ berbentuk parabola terbuka ke bawah.

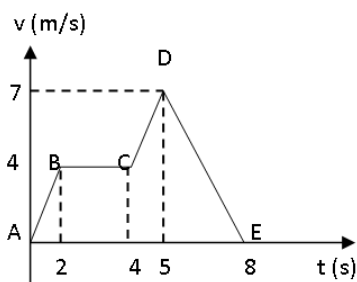




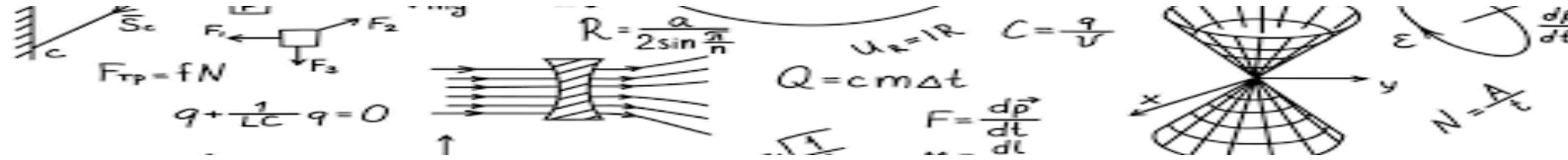
Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

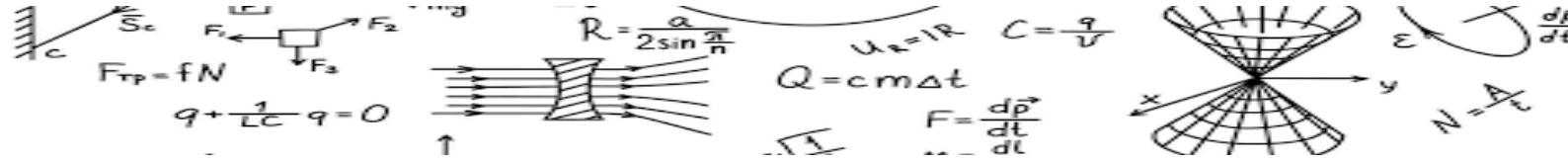
1. Sebuah mobil yang bergerak lurus ke timur dengan kelajuan 72 km/jam dihentikan oleh pengereman yang berlangsung selama 4 sekon. Tentukan besar dan arah percepatan mobil?
2. Sebuah mobil bergerak dipercepat dari keadaan diam. Jika percepatan mobil 20 m/s², tentukanlah kecepatan mobil tersebut setelah 5 sekon!
3. Tonton Suprpto atlet balap sepeda Jawa Barat dapat mengayuh sepedanya dengan kecepatan awal 10 km/jam pada suatu perlombaan. Atlet tersebut dapat mencapai garis finish dalam waktu 2 jam dengan percepatan 20 km/jam². Tentukanlah panjang lintasan yang ditempuh atlet tersebut.
4. Sebuah benda bergerak dengan percepatan 8 m/s². Jika kecepatan awal benda 6 m/s, tentukanlah kecepatan benda setelah menempuh jarak 4 m!
5. Berdasarkan grafik $v-t$ di bawah ini, tentukanlah:



- a) Gerak A-B, B-C, C-D, D-E (GLB/ GLBB dipercepat/ GLBB diperlambat)
 - b) Percepatan dari AB; BC; CD; DE.
 - c) Jarak total dari A sampai E.
6. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 27 km/jam, kemudian mobil dipercepat dengan percepatan 2 m/s². Hitunglah kecepatan dan jarak yang ditempuh mobil setelah dipercepat selama 5 detik!
 7. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 60 km/jam. Kemudian mobil direm sehingga kecepatannya menjadi 24 km/jam setelah 5 detik. Tentukan percepatan mobil dalam m/s²!
 8. Seorang anak mengayuh sepeda dari keadaan bergerak. Mula-mula sepeda bergerak dengan kecepatan $v_0 = 10$ m/det. Sepeda dipercepat dengan percepatan $a = 2$ m/det². Hitunglah berapa kecepatan sepeda itu setelah $t = 4$ detik!
 9. Seekor kijang di kejar oleh singa. Menjangan ini berlari dipercepat dengan percepatan 3 m/det² hitunglah kecepatannya setelah 6 detik!



10. Sebuah motor bergerak dengan kecepatan 54 km/jam. Tiba-tiba motor tersebut direm mendadak dan berhenti setelah 2 detik. Hitunglah jarak yang ditempuh motor selama pengereman!

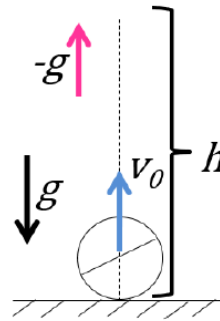


Gerak Vertikal ke Atas & Bawah (GVA/B)

Perbedaan Gerak Vertikan ke Atas & Bawah

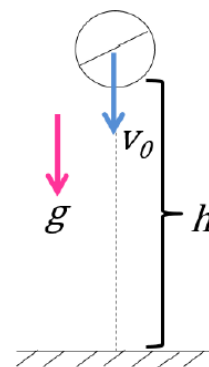
GERAK VERTIKAL KE ATAS (GVA)

- ☐ $v_o \neq 0$
- ☐ $a = -g$
- ☐ $x = h$



GERAK VERTIKAL KE BAWAH (GVB)

- ☐ $v_o \neq 0$
- ☐ $a = g$
- ☐ $x = h$



a. Gerak Vertikal ke Bawah

Gerak vertikal ke bawah (GVB) adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke bawah dengan kecepatan awal (v_o) tertentu, jadi $v_o \neq 0$. Dalam keseluruhan geraknya, benda selalu mengalami percepatan tetap yang sama dengan percepatan gravitasi (g), sehingga $a = g$. Benda yang mengalami gerak vertikal ke bawah, sehingga arah ke bawah ditetapkan sebagai arah positif. Persamaan gerak pada GLBB berlaku juga pada gerak vertikal ke bawah dengan ketentuan $a = g$.

$$\begin{aligned} v_t &= v_o + g \cdot t \\ h &= v_o \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\ v_t^2 &= v_o^2 + 2g \cdot h \end{aligned}$$

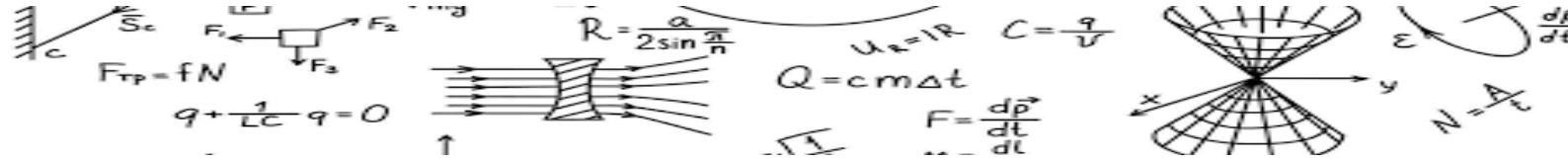
dengan: v_t = kecepatan pada saat t (m/s)

v_o = kecepatan awal

g = percepatan gravitasi (biasanya $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2)

h = ketinggian (m)

t = waktu (sekon [s])



b. Gerak Vertikal ke Atas

Gerak vertikal ke atas (GVA) adalah gerak suatu benda yang dilemparkan tegak lurus ke atas dengan kecepatan awal tertentu (jadi $v_0 \neq 0$). Pada gerak ini ditetapkan bahwa arah ke atas sebagai arah positif. Sedangkan benda yang mengalami gerak vertikal ke atas dalam setiap kedudukannya selalu mengalami percepatan tetap, yaitu percepatan gravitasi yang selalu berarah ke bawah. Dengan demikian $a = -g$, persamaan gerak pada GLBB berlaku juga pada gerak vertikal ke atas dengan ketentuan $v_0 \neq 0$ dan $a = -g$.

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 - g \cdot t \\ h &= v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\ v_t^2 &= v_0^2 - 2g \cdot s \end{aligned}$$

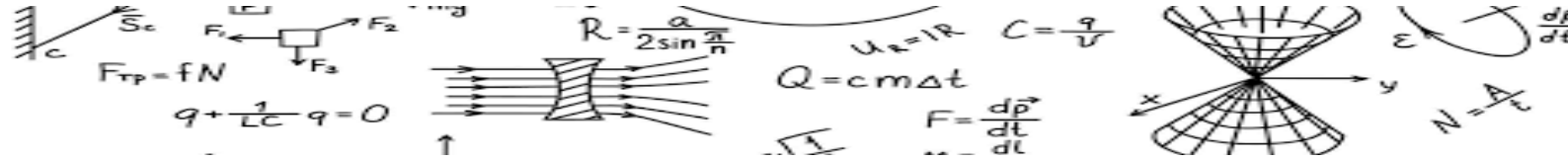
dengan: v_t = kecepatan pada saat t (m/s)
 v_0 = kecepatan awal
 g = percepatan gravitasi (biasanya $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2)
 h = ketinggian (m)
 t = waktu (sekon [s])

Bila benda mencapai titik tertinggi, maka benda akan berhenti sesaat ($v_t = 0$), kemudian berbalik ke bawah.

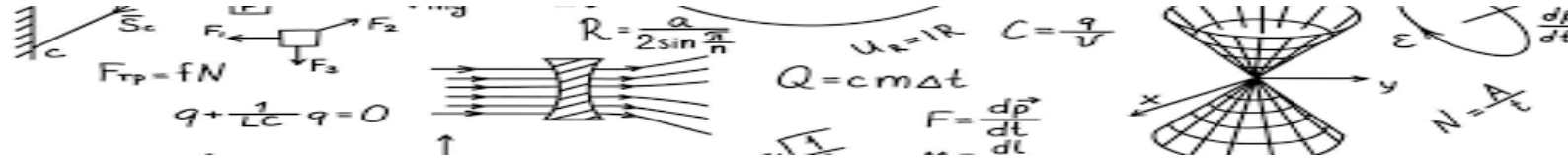
Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

- Sebuah benda dijatuhkan dari sebuah gedung yang memiliki ketinggian 45 m ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Tentukanlah:
 - waktu tempuh benda hingga mencapai tanah.
 - kecepatan saat menyentuh tanah.
- Sebuah benda dilemparkan dari sebuah gedung yang tingginya 20 m. Benda tersebut tiba di tanah pada selang waktu 5 sekon ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Tentukanlah kecepatan yang diberikan kepada benda tersebut!
- Berapakah kecepatan benda saat di ketinggian maksimum?

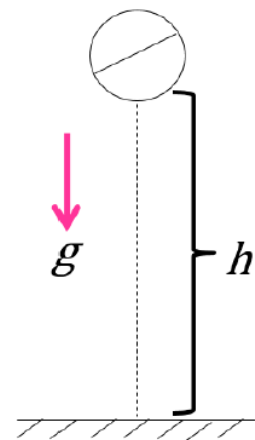


4. Sebuah benda ditembakkan ke atas dengan kecepatan awal 100 m/s. Berapakah ketinggian maksimumnya? Berapakah waktu sampai di ketinggian maksimum? Berapakah waktu sampai kembali ke tanah?
5. Seorang anak melempar batu ke dalam sumur kering dengan kecepatan awal 3 m/s. Anak itu mendengar bunyi batu mengenai dasar sumur setelah 2 sekon. Tentukanlah kecepatan batu saat mengenai dasar sumur dan kedalaman sumur!
6. Sebuah batu dilempar ke bawah dengan kelajuan 5 m/s dari ketinggian 30 m. Tentukanlah:
 - a) selang waktu yang diperlukan batu untuk mencapai tanah.
 - b) kelajuan batu pada saat menyentuh tanah.
7. Sebuah bola dilempar ke atas dari tanah, kemudian melayang di udara dan menyentuh tanah kembali setelah 6 sekon.
 - a) Berapa kelajuan awal bola?
 - b) Berapa tinggi maksimum bola?
 - c) Berapa tinggi bola saat $t = 4$ sekon?
 - d) Berapa besar dan kemana arah kecepatan bola saat $t = 4$ sekon?
8. Sebuah peluru ditembakkan dari pesawat secara vertikal ke bawah dengan kecepatan 50 m/s. Ternyata dibutuhkan waktu 2 detik untuk peluru sampai ke tanah. Tentukanlah:
 - a) tinggi pesawat.
 - b) kecepatan peluru menumbuk bumi.
9. Sebuah batu dilempar secara vertikal ke atas dengan kelajuan 10 m/s. Tentukanlah:
 - a) waktu untuk sampai ke ketinggian maksimum.
 - b) ketinggian maksimum batu.
 - c) tinggi batu setelah melayang 1,5 detik.



Gerak Jatuh Bebas (GJB)

Gerak jatuh bebas (GJB) adalah gerak suatu benda yang dijatuhkan dari suatu ketinggian dengan kecepatan awal sama dengan nol ($v_0 = 0$). Dalam keseluruhan geraknya benda selalu mengalami percepatan tetap yang sama dengan percepatan gravitasi (g), sehingga gerak jatuh bebas merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Benda yang mengalami gerak jatuh bebas selalu bergerak ke bawah, sehingga arah ke bawah ditetapkan sebagai arah positif. Persamaan gerak pada GLBB berlaku juga untuk gerak jatuh bebas dengan ketentuan $v_0 = 0$ dan $a = g$.



$$v_t = g \cdot t$$

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

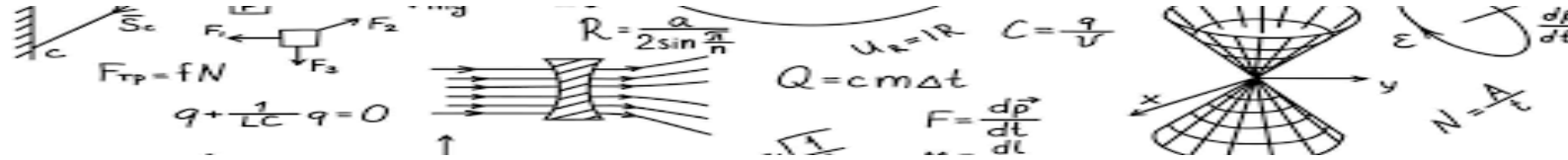
$$v_t^2 = 2g \cdot s \rightarrow v_t = \sqrt{2 \cdot gh}$$

- dengan:
- v_t = kecepatan pada saat t (m/s)
 - g = percepatan gravitasi (biasanya $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2)
 - h = ketinggian (m)
 - t = waktu (sekon[s])

Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

1. Cecep terjun bebas dari ketinggian 50 m di atas kolam.
 - a) Berapa ketinggian cecep dari permukaan kolam setelah 2 sekon?
 - b) Berapa lama cecep di udara?
 - c) Kecepatan cecep sesaat sebelum menyentuh air?
2. Sinchan sedang duduk di atas cabang sebuah pohon ketika cabang tersebut tiba-tiba patah. Sinchan terjatuh dan mencapai tanah setelah 0,7 detik. Tentukanlah:
 - a) tinggi cabang pohon dari tanah.
 - b) kecepatan Sinchan saat membentur tanah.



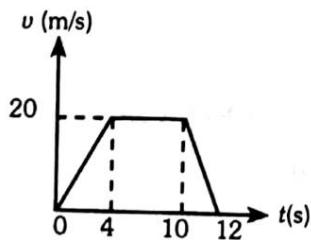
3. Saat terbang dengan sapunya, Harry Potter menabrak tembok di depannya sehingga dia jatuh bebas ke tanah. Hermione mengamati bahwa Harry menyentuh tanah dengan kecepatan 10 m/s. Tentukanlah:
- ketinggian Harry saat menabrak tembok.
 - lama waktu yang diperlukan untuk jatuh.

Latihan ... 3

Pilihan Ganda

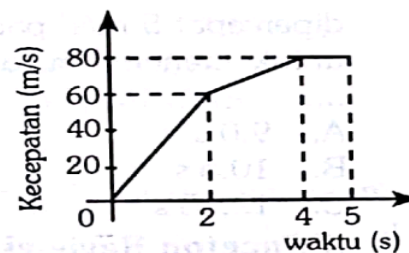
Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan memberi tanda silang (X) dan proses pengerjaannya!

1. Sebuah mobil bergerak lurus dengan kecepatan terhadap waktu seperti gambar.

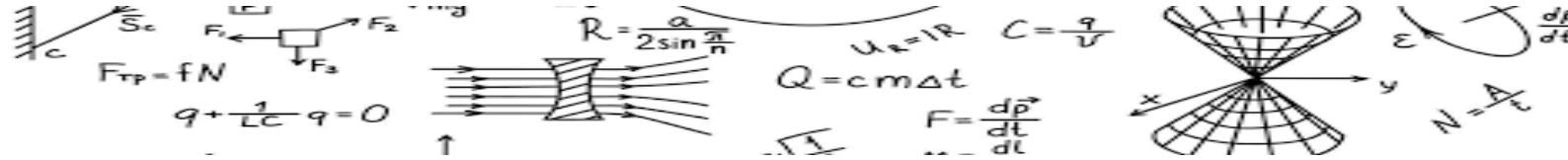


Pada interval waktu antara 10 hingga 12 detik mobil bergerak

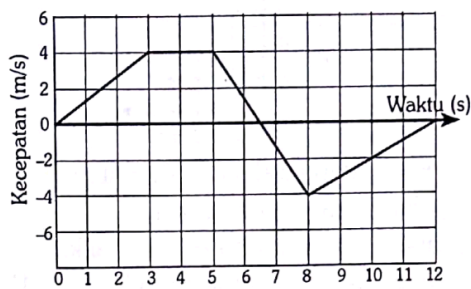
- A. lurus diperlambat dengan perlambatan 10 m/s^2
 - B. lurus dipercepat dengan percepatan 10 m/s^2
 - C. lurus dipercepat dengan percepatan 5 m/s^2
 - D. lurus diperlambat dengan perlambatan 5 m/s^2
 - E. lurus beraturan dengan kecepatan tetap sebesar 10 m/s
2. Perhatikan grafik kecepatan terhadap waktu dari kereta yang bergerak menurut garis lurus dalam waktu 5 detik berikut. Dari grafik ini dapat ditentukan jarak yang ditempuh dalam waktu 4 detik, yaitu



- A. 260 m
- B. 200 m
- C. 140 m
- D. 70 m
- E. 60 m

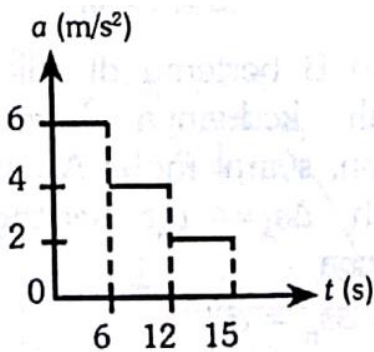


3. Di bawah ini diberikan grafik kecepatan terhadap waktu.

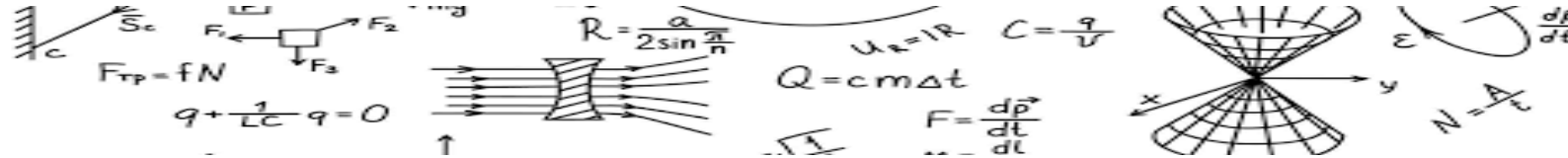


Kecepatan rata-rata benda adalah....

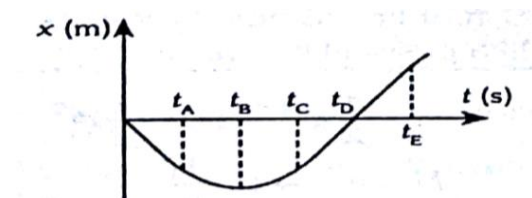
- A. 0,5 m/s C. 1,4 m/s E. 6 m/s
B. 0,17 m/s D. 2,4 m/s
4. Gambar berikut ini melukiskan grafik percepatan benda sebagai fungsi waktu berkecepatan 4 m/s, maka kecepatan benda pada $t = 15$ s adalah....



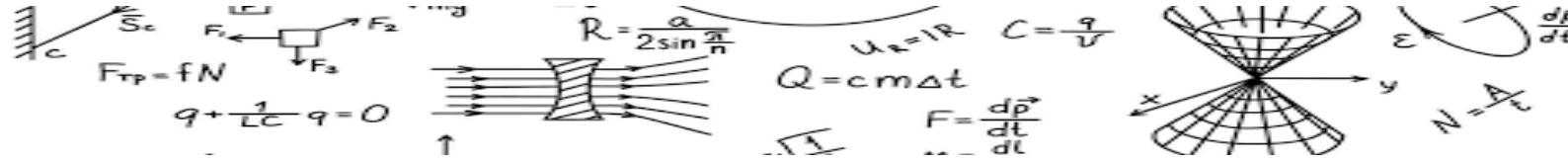
- A. 12 m/s C. 40 m/s E. 70 m/s
B. 25 m/s D. 64 m/s
5. Dua mobil A dan B terpisah sejauh 400 meter. Mobil A bergerak ke timur dengan kecepatan 30 m/s bertabrakan dengan mobil B yang bergerak ke barat dengan kecepatan 20 m/s. Waktu yang dibutuhkan sebelum kedua mobil bertabrakan adalah....
- A. 8,0 s
B. 13 s
C. 20 s
D. 40 s



6. Sebuah mobil mainan diberikan kecepatan awal 5,0 m/s dan mengalami percepatan tetap 2,0 m/s². Kecepatan akhir mobil setelah 6,0 s adalah....
- A. 10,0 m/s C. 12,05 m/s E. 20 m/s
B. 12 m/s D. 17 m/s
7. Waktu yang diperlukan sebuah mobil mulai dari keadaan diam hingga dipercepat 5 m/s² pada suatu garis lurus untuk menempuh jarak 200 m adalah....
- A. 9,0 s C. 12,05 s E. 20,0 s
B. 10,5 s D. 15,5 s
8. Sebuah mobil dengan kecepatan 36 km/jam direm mendadak sehingga terbentuk bekas di jalan sepanjang 20 m. Waktu pengereman yang dibutuhkan sampai mobil berhenti adalah sebesar....
- A. 2 s C. 6 s E. 10 s
B. 4 s D. 8 s
9. Seseorang sedang mengendarai sepeda dengan kecepatan tetap 7,0 m/s pada tanah mendatar. Pengendara sampai pada suatu titik yang menurun dan meluncur sejauh 105 m pada percepatan tetap 1,5 m/s². Kecepatan pengendara di dasar bukit sebesar....
- A. 13. m/s C. 19 m/s
B. 16 m/s D. 25 m/s
10. Posisi benda yang bergerak sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada gambar. Pada selang waktu $t_A - t_B$, benda....



- A. bergerak dengan percepatan berubah
B. bergerak dengan kecepatan konstan
C. berhenti sementara
D. bergerak dipercepat
E. bergerak diperlambat



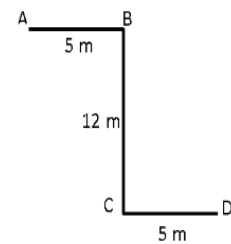
Uraian

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

1. Roni berjalan di suatu lorong yang kecil dari A ke D dan kembali lagi ke C. Sketsa lorong dapat dilihat seperti gambar di samping.

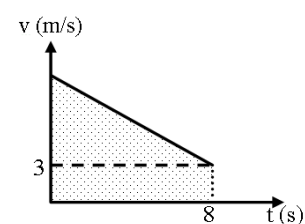
Tentukan:

- a. jarak yang ditempuh oleh Roni!
- b. perpindahan yang dilakukan oleh Roni!

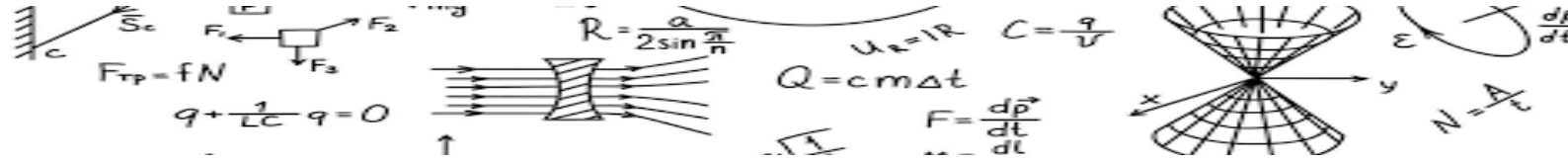


2. Sebuah mobil melaju dengan kecepatan tetap 12,5 m/s dalam selang waktu 40 sekon. Tentukan jarak yang ditempuh oleh mobil tersebut!
3. Mobil penjahat melintas dengan kecepatan 25 m/s di depan mobil patroli polisi. Polisi kemudian masuk ke mobil dan mengejar penjahat dengan kecepatan 40 m/s. Bila polisi membutuhkan waktu 10 detik untuk masuk ke mobil dan menyalakan mesin mobil, tentukan:
 - c. kapan dan
 - d. dimana penjahat dapat disusul oleh polisi terhitung dari saat polisi melihat penjahat!
4. Bayu sedang bermain tamiya. Dia memperhatikan bahwa dalam waktu 12 sekon, kecepatan tamiya berubah, yaitu awalnya diam kemudian setelah 12 sekon menjadi 6 m/s. Tentukan percepatan tamiya milik Bayu!

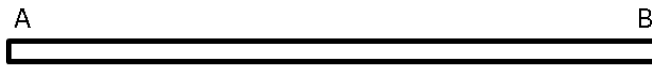
5. Grafik di samping adalah grafik kecepatan terhadap waktu dari sebuah mobil. Bila jarak yang ditempuh mobil selama 8 sekon adalah 48 m, tentukan kecepatan awal mobil!

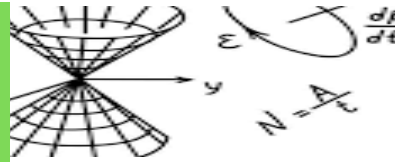


6. Sebuah bola dilempar vertikal ke atas mencapai ketinggian maksimum 45 m. Tentukan :
 - a. kecepatan awal
 - b. waktu ketika bola berada pada ketinggian 40 m di atas tanah.
7. Sebuah obeng terjatuh dari atas tower (jatuh bebas). Jika ketinggian tower saat obeng terjatuh adalah 20 meter. Tentukan
 - a. pada detik ke berapa obeng menyentuh tanah
 - b. berapa besar kecepatan obeng saat menyentuh tanah



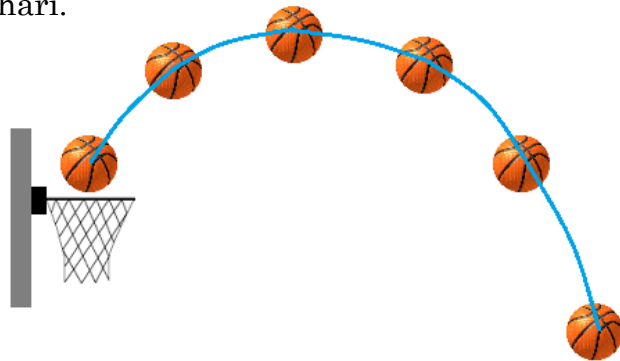
8. Balapan sepeda diadakan di suatu lintasan lurus antara Nobita dan Conan. Nobita melaju dengan kecepatan 5 m/s dan Conan melaju dengan kecepatan 10 m/s. Jarak antara titik A dan B adalah 340 meter. Mereka berdua mulai pada waktu yang bersamaan dari titik A. Jika Conan sudah mencapai titik B terlebih dahulu dan kembali lagi ke titik A. Dimanakah Nobita dan Conan akan berpapasan?





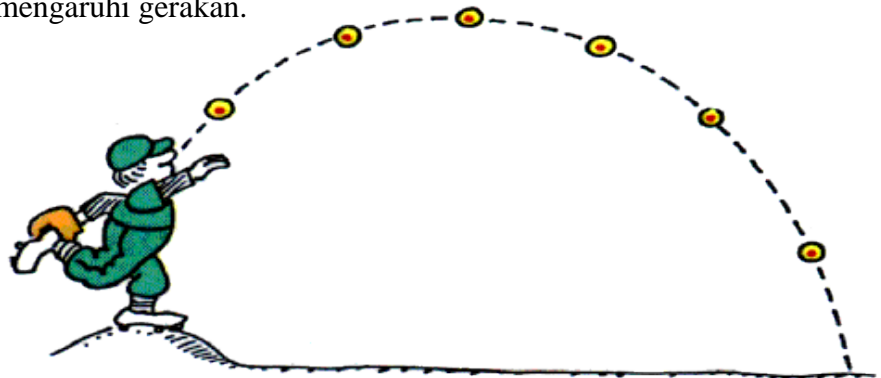
Tujuan Pembelajaran

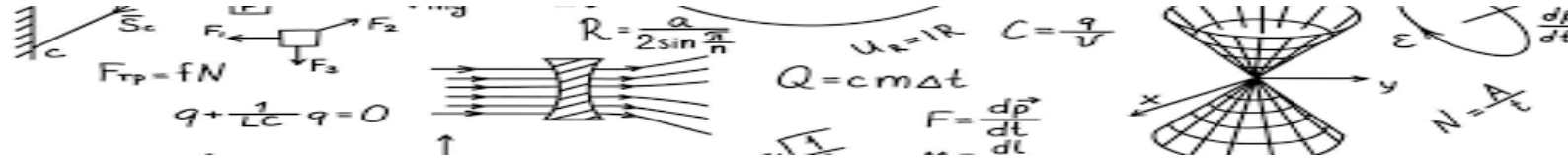
1. Memahami konsep dan menganalisis gerak parabola.
2. Menggunakan konsep gerak parabola untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.



Apa itu Gerak Parabola?

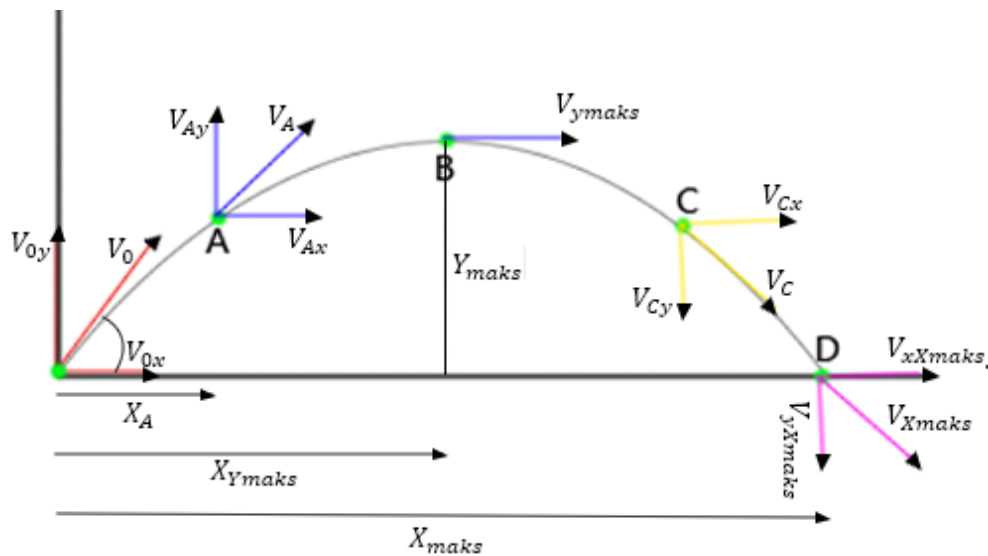
- Gerak benda yang lintasannya berbentuk parabola atau melengkung.
- Lintasan yang melengkung ini disebabkan adanya perpaduan antara gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB).
- Hal yang perlu diperhatikan dalam menganalisis gerak parabola adalah tiga asumsi berikut:
 - (1) Percepatan jatuh bebas, g , memiliki besar yang tetap. ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$ atau $g = 10 \text{ m/s}^2$)
 - (2) Pengaruh hambatan udara atau gesekan udara diabaikan.
 - (3) Rotasi bumi tidak memengaruhi gerakan.



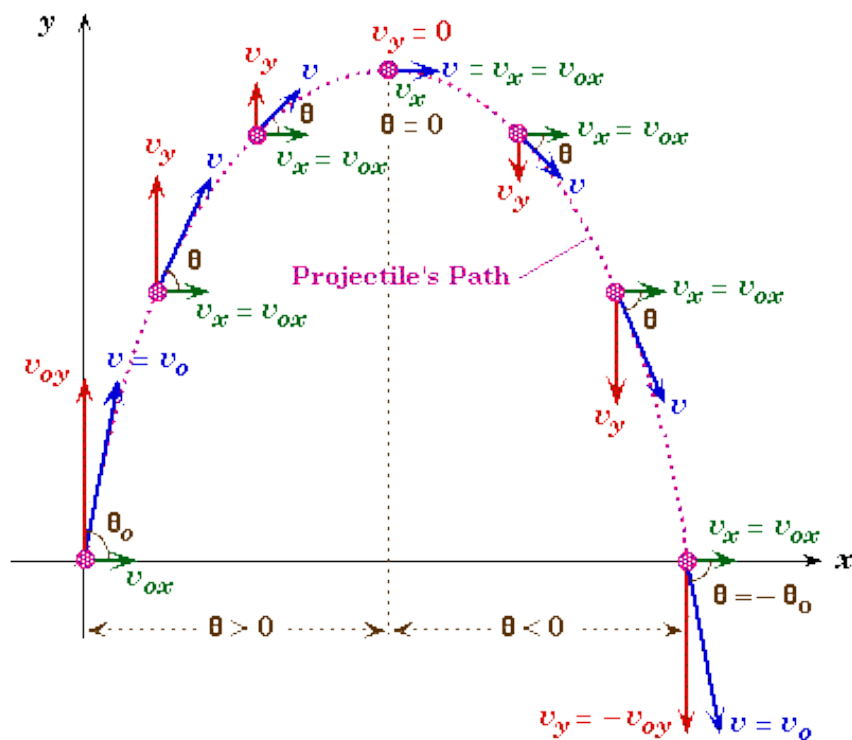


Persamaan pada Gerak Parabola

Perhatikan analisis gerak parabola berikut!

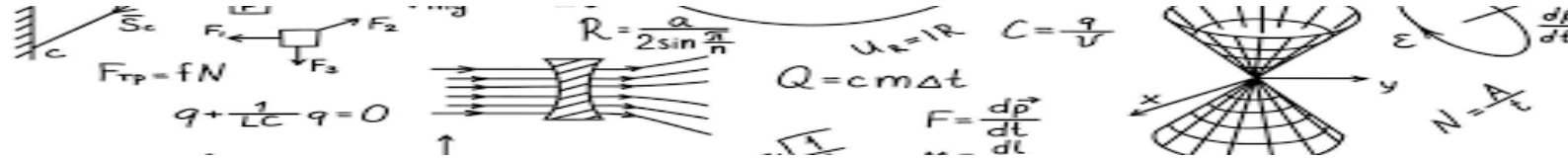


Analisis gerak di atas dapat dijabarkan sebagai berikut!



Komponen-komponen vektor kecepatan di posisi awal:

- ☐ $v_{0x} = v_0 \cdot \cos \theta$
- ☐ $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \theta$
- ☐ $v = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$



Rumus-rumus yang berlaku jika dilihat dari komponen sumbu X (secara horizontal) menggunakan prinsip Gerak Lurus Beraturan (GLB):

$$\square x = v \cdot t$$

Rumus-rumus yang berlaku jika dilihat dari komponen sumbu Y (secara vertikal) menggunakan prinsip Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB):

$$\square v_t = v_o \pm gt$$

$$\square h = v_o \cdot t \pm \frac{1}{2}gt^2$$

$$\square v_t^2 = v_o^2 \pm 2gh$$

Keterangan:

x_0 : posisi awal terhadap sumbu X (m)

x : posisi atau jarak yang ditempuh terhadap sumbu X (m)

x_t : posisi akhir terhadap sumbu X (m)

h : ketinggian atau posisi terhadap sumbu Y (m)

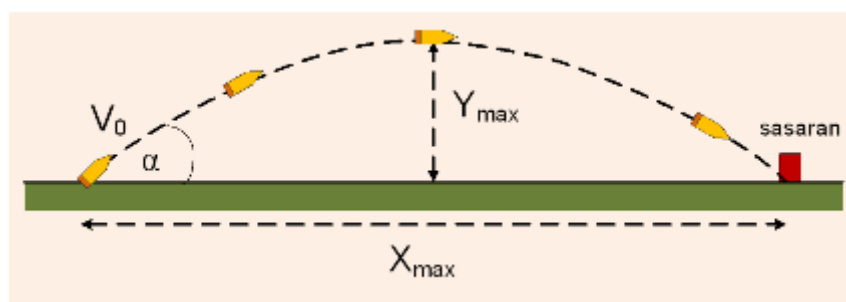
v : kecepatan (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

t : waktu (s)

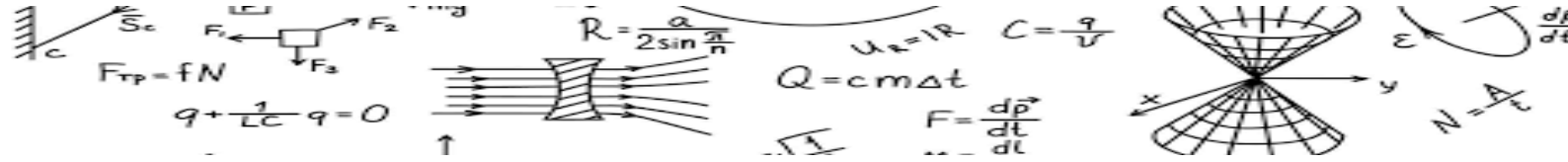
Latihan Mandiri

Petunjuk : Jawablah pertanyaan berikut dengan proses pengerjaannya!

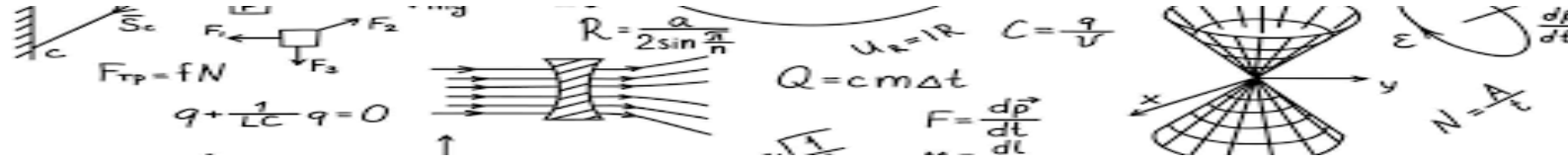


Sebuah peluru ditembakkan dengan kecepatan awal 100 m/s dari tanah dan sudut elevasinya 37° . Jika percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$, hitunglah:

- kecepatan awal horizontal.
- kecepatan awal vertikal.
- kecepatan vertikal pada waktu 2 sekon.
- kecepatan horizontal pada waktu 2 sekon.



- e) kecepatan peluru pada waktu 2 sekon.
- f) posisi peluru pada waktu $t = 2$ s.
- g) waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik tertinggi.
- h) tinggi maksimum peluru.
- i) jarak terjauh yang ditempuh peluru.
- j) waktu yang dibutuhkan hingga mencapai jarak terjauh.

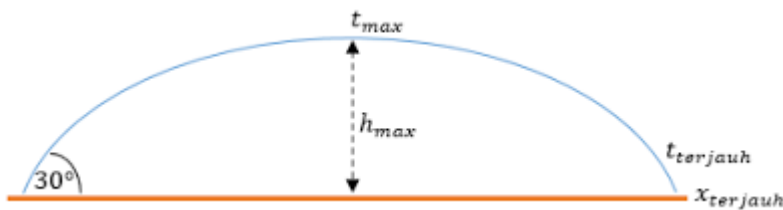


Latihan ... 4

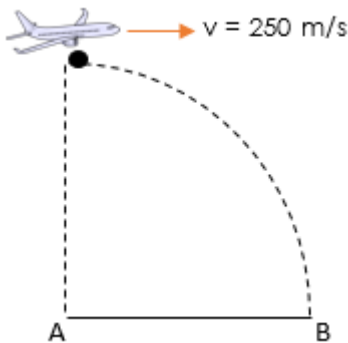
Latihan Dasar

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

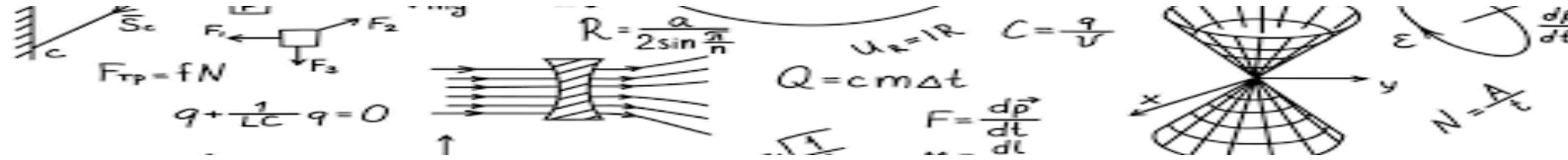
- Seorang anak melempar batu dengan kecepatan awal 20 m/s dan sudut elevasi 30° secara horizontal. Jika percepatan gravitasi 10 m/s^2 , maka hitunglah:
 - ketinggian maksimum batu.
 - waktu yang diperlukan untuk sampai di titik tertinggi.
 - jarak terjauh yang dicapai batu.
 - waktu yang diperlukan batu untuk mencapai jarak terjauh.
 - koordinat bola setelah 1 detik.



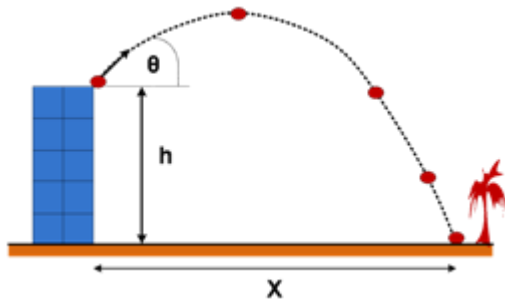
- Sebuah pesawat terbang bergerak mendatar dengan kecepatan 250 m/s melepaskan bom dari ketinggian 2000 m. Jika bom jatuh di B dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka hitunglah jarak AB!



- Sebuah peluru ditembakkan dengan kecepatan 60 m/s dan sudut elevasi 30° . Hitunglah ketinggian maksimum yang dicapai peluru tersebut!



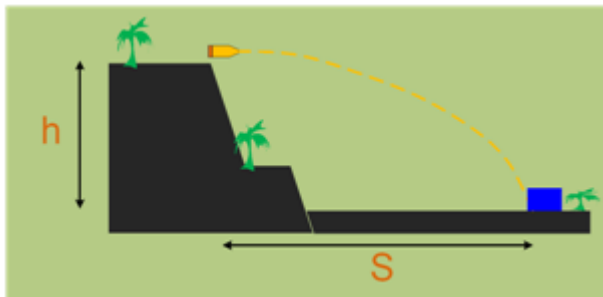
4. Sebuah bola dilontarkan dari atap sebuah gedung yang tingginya adalah $h = 10$ m dengan kelajuan awal $V_0 = 10$ m/s.



Jika percepatan gravitasi bumi adalah 10 m/s^2 , sudut yang terbentuk antara arah lemparan bola dengan arah horizontal adalah 30° dan gesekan bola dengan udara diabaikan.

Tentukan:

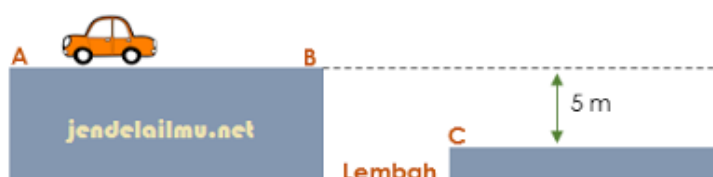
- waktu yang diperlukan bola untuk menyentuh tanah.
 - jarak mendatar yang dicapai bola.
5. Sebuah peluru ditembakkan dari moncong sebuah meriam dengan kelajuan 50 m/s arah mendatar dari atas sebuah bukit, ilustrasi seperti gambar berikut.

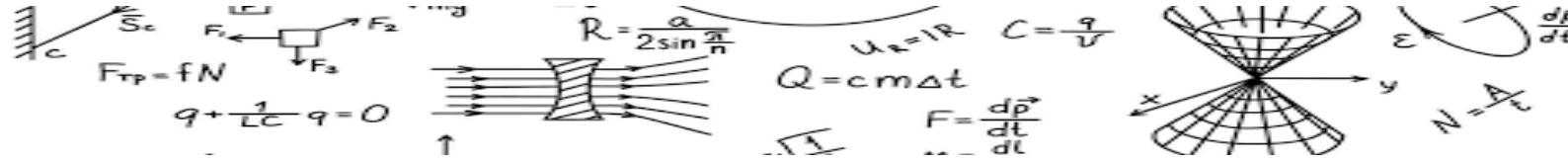


Jika percepatan gravitasi bumi adalah 10 m/s^2 dan ketinggian bukit 100 m .

Tentukan:

- waktu yang diperlukan peluru untuk mencapai tanah.
 - jarak mendatar yang dicapai peluru (S).
6. Sebuah mobil bergerak dari A ke B harus tiba di C. Jarak $AB = 75 \text{ m}$, kecepatan awal mobil pada saat di A $= 10 \text{ m/s}$ dan percepatan antara A dan B adalah 2 m/s^2 . Bila tinggi ujung B dari sebrang C $= 5 \text{ m}$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka hitunglah lebar lembah tersebut!



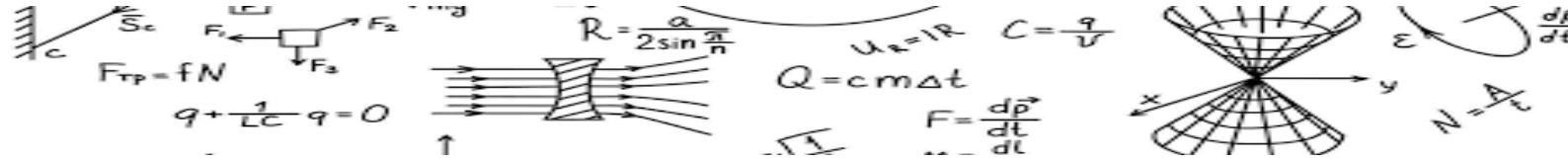


Latihan Pemantapan

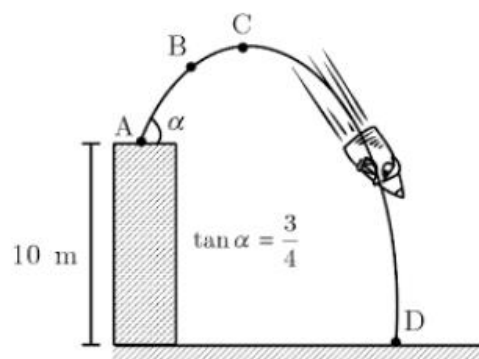
Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

Gunakan percepatan gravitasi $g = 10 \text{ m/s}^2$ (jika tidak diketahui di soal).

- Seorang anak melempar batu dengan kecepatan 10 m/s pada arah yang membentuk sudut 37° terhadap tanah ($\sin 37^\circ = 0,6$). Tentukanlah kecepatan batu setelah $0,5 \text{ s}$! (ANS: $v = \sqrt{65} \text{ m/s}$)
- Sebuah pesawat terbang SAR menjatuhkan sebuah paket logistik darurat kepada sekelompok penjelajah yang terdampar di suatu tempat. Jika pesawat tersebut terbang mendatar dengan kecepatan 40 m/s pada ketinggian 100 m di atas tanah, di manakah paket logistik menyentuh tanah dihitung terhadap titik paket logistik tersebut mulai dijatuhkan? (ANS: $x = 80\sqrt{5} \text{ m}$)
- Peluru A dan B ditembakkan dari senapan yang sama dengan sudut elevasi berbeda. Peluru A dengan sudut 30° dan peluru B dengan sudut 45° . Tentukan perbandingan tinggi maksimum yang dicapai peluru A dan B! (ANS: $1 : 2$)
- Sebuah peluru ditembakkan condong ke atas dengan kecepatan awal $1,4 \times 10^3 \text{ m/s}$ dan mengenai sasaran yang jarak mendatarnya sejauh $2 \times 10^5 \text{ m}$. Bila $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, maka hitunglah besar sudut elevasinya! (ANS: 45°)
- Sebuah benda dilempar dengan sudut elevasi 60° dan dengan kecepatan awal 10 m/s . Hitunglah besar dan arah kecepatan benda setelah $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ detik! (ANS: 5 m/s dan 0°)
- Sebuah peluru ditembakkan dari titik A pada sebuah gedung yang tingginya 10 m dengan kecepatan awal 50 m/s , dan sudut elevasi α ($\tan \alpha = \frac{3}{4}$). Setelah 2 detik peluru mencapai titik B dan melewati titik tertinggi C, kemudian jatuh ke tanah di titik D.
 - Hitunglah di mana dan dengan kecepatan berapa peluru tiba di B! (ANS: $(80, 50) \text{ m}$; dan $41,23 \text{ m/s}$)
 - Berapa koordinat titik C? (ANS: $(120, 55) \text{ m}$)



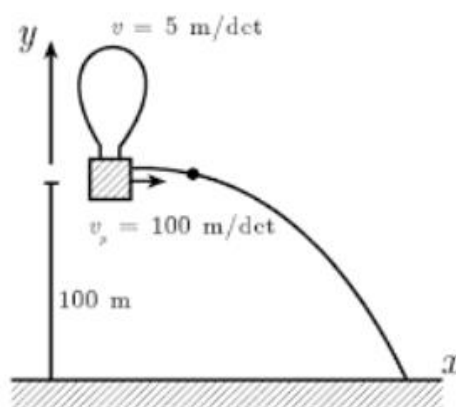
- c) Kapan dan di mana peluru mencapai titik D? (ANS: 6,32 m; dan (252, 0) m)



7. Dari sebuah balon yang naik vertikal ke atas dengan kecepatan 5 m/s ditembakkan sebuah peluru arah mendatar dengan kecepatan 100 m/s. Peluru tersebut ditembakkan ketika ketinggian balon 100 m di atas tanah. Hitunglah kapan, di mana dan dengan kecepatan berapa peluru mencapai:

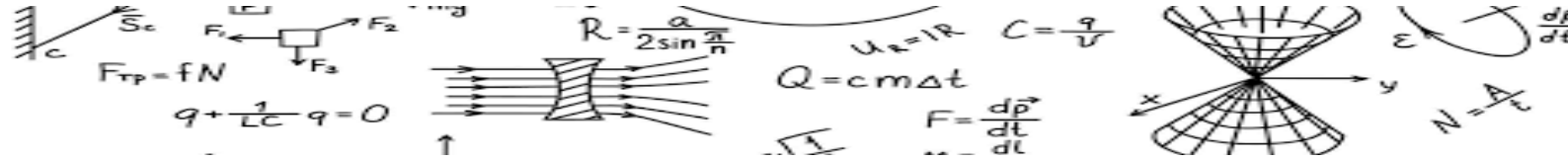
a) titik tertinggi! (ANS: 0,5 s; (50, 101 1/4) m; dan 100 m/s)

b) tanah! (ANS: 5 s; (500, 0) m; dan 109,66 m/s)

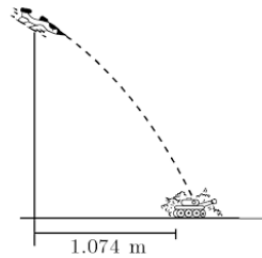


8. Sebuah senapan diarahkan pada sudut 45° ke sebuah mobil yang sedang bergerak menjauhi penembak dengan kecepatan 72 km/jam. Mobil tersebut berada pada jarak 500 m dari senapan ketika peluru ditembakkan. Hitunglah kecepatan awal peluru agar peluru mengenai mobil! Pada jarak berapa peluru mengenai mobil? (ANS: 86,2 m/s dan 743,0 m)

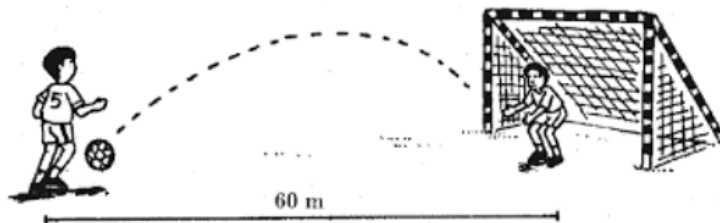




9. Suatu pesawat pembom menukik pada sudut 60° dengan garis vertikal dan melepas bom pada ketinggian 700 m. Bom mengenai sasaran diam yang terletak pada jarak mendatar 1.074 m di tanah. Kapan bom mengenai sasaran itu? (ANS: 4 s)



10. Sebuah bola ditendang dengan kecepatan 20 m/s ke arah gawang dalam arah 45° terhadap garis mendatar. Kiper yang terletak pada jarak 60 m berlari menyambut bola. Berapa kecepatan kiper ini jika ia ingin menangkap bola tepat sesaat sebelum bola menyentuh tanah? (ANS: $5\sqrt{2}$ m/s)

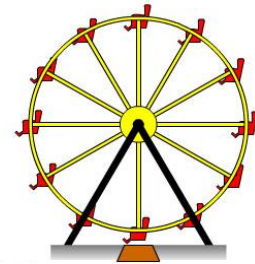




Tujuan Pembelajaran

1. Memahami konsep dan menganalisis gerak melingkar.
2. Memahami konsep percepatan sentripetal dan sentrifugal.

Gerak melingkar (disebut juga gerak rotasi, gerak angular atau circular motion) adalah gerak suatu benda yang membentuk lintasan berupa lingkaran mengelilingi suatu titik tetap. Sebagai contoh gerak melingkar adalah gerak jarum jam, pada saat jarum jam bergerak, maka ujung jarum jam tersebut membentuk lintasan berbentuk lingkaran. Atau pada benda yang diikat dengan tali pada suatu titik, apabila benda tersebut digerakan maka akan membentuk lintasan gerak berupa lingkaran.



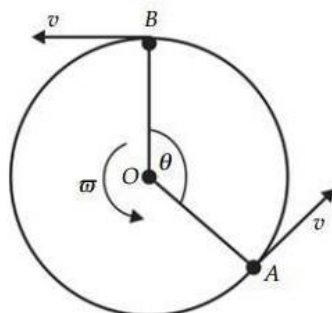
Besaran-besaran Fisis Gerak Melingkar

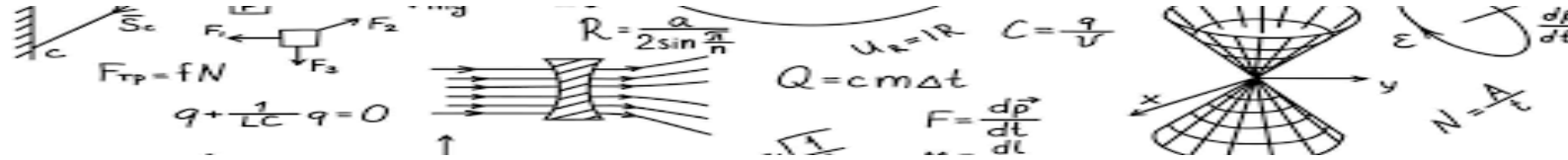
Dalam gerak lurus dikenal tiga besaran yaitu perpindahan (linear), kecepatan (linear), dan percepatan (linear), sedangkan dalam gerak melingkar kita akan mengenal perpindahan sudut, kecepatan sudut, dan percepatan sudut.

a. Perpindahan Sudut

Perpindahan sudut adalah perpindahan partikel pada gerak melingkar.

Perhatikan gambar berikut!





Untuk perpindahan dari posisi A ke posisi B, partikel telah menempuh perpindahan sudut θ . Satuan SI untuk perpindahan sudut adalah radian (rad). Besar sudut θ dalam radian didefinisikan sebagai perbandingan antara jarak linear (x) dengan jari-jari roda (r).

$$\theta(\text{rad}) = \frac{x}{r}$$

Arah perpindahan sudut yang berlawanan dengan arah perputaran jarum jam bertanda positif, sedangkan yang searah dengan arah jarum jam bertanda negatif.

Persamaan :

$$\theta = \frac{x}{r} \text{ atau } x$$

Merupakan persamaan yang menghubungkan antara perpindahan linear (x) dengan perpindahan sudut (θ).

b. Kecepatan Sudut

Kelajuan roda yang berputar biasanya dinyatakan dalam rotasi per menit (rpm), dan disebut kelajuan sudut atau kelajuan angular. Sedangkan kecepatan sudut atau kecepatan angular adalah kelajuan sudut beserta arahnya.

Kecepatan sudut rata-rata ($\bar{\omega}$) didefinisikan sebagai bagi perpindahan sudut ($\Delta\theta$) dengan selang waktu.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

dengan: $\bar{\omega}$ = kecepatan sudut rata-rata (m/rad)

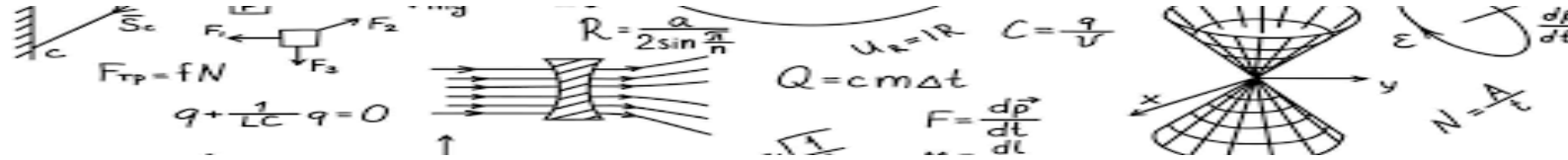
$\Delta\theta$ = perpindahan sudut (rad)

Δt = Waktu (sekon [s])

Kecepatan sudut sesaat ($\bar{\omega}$) didefinisikan sebagai perpindahan sudut dalam selang waktu singkat ($\Delta t \rightarrow 0$).

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \text{ untuk } \Delta t \text{ sangat kecil}$$

Jika yang ditulis “kecepatan sudut”, maka yang dimaksud adalah “kecepatan sudut sesaat”.



Hubungan antara Kecepatan Linear dan Kecepatan Sudut (Kecepatan Angular).

Dalam gerak melingkar, kecepatan linear (v) didefinisikan sebagai kecepatan untuk mengelilingi suatu lingkaran. Arah kecepatan linear ini selalu menyinggung lingkaran, karenanya disebut juga kecepatan tangensial.

Untuk perpindahan linear Δx sepanjang busur lingkaran, kecepatan linear dinyatakan oleh

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ \Leftrightarrow v &= \frac{r \Delta \theta}{\Delta t} \\ \Leftrightarrow v &= r \omega \quad \left(\text{karena } \omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \right) \end{aligned}$$

Dengan demikian hubungan antara kecepatan linear (v) dengan kecepatan sudut Dengan demikian hubungan antara kecepatan linear (v) dengan kecepatan sudut (ω) adalah

$$v = r \omega$$

dengan; r = jarak partikel ke pusat putaran

c. Percepatan sudut

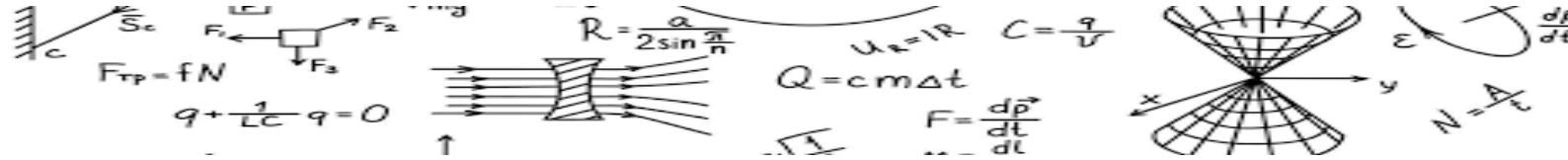
Percepatan sudut adalah perubahan kecepatan sudut (ω) pada selang waktu tertentu.

Percepatan sudut rata-rata didefinisikan sebagai hasilbagi antara perubahan kecepatan sudut ($\Delta \omega$) dengan selang waktu.

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

dengan: $\bar{\alpha}$ = percepatan sudut rata-rata (rad/s^2)
 $\Delta \omega$ = perubahan kecepatan sudut (rad/s)
 Δt = selang waktu (sekon[s])

Percepatan sudut sesaat didefinisikan sebagai perubahan kecepatan sudut dalam selang waktu yang singkat.



$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \text{ untuk } \Delta t \text{ sangat kecil}$$

dengan α = percepatan sudut sesaat (rad/s^2). Jika ditulis “percepatan sudut” maka yang dimaksud adalah “percepatan sudut sesaat”

Hubungan antara Percepatan Linear dan Percepatan Sudut

Dalam gerak melingkar, arah percepatan linear (a) menyinggung lingkaran, karena itu percepatan linear dinamakan juga percepatan tangensial (a_1).

Untuk perubahan kecepatan linear Δv dan selang waktu Δt percepatan tangensial dinyatakan oleh:

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Leftrightarrow a_1 = \frac{r\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\Leftrightarrow a_1 = r\alpha \quad \left(\text{karena } \alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \right)$$

Dengan demikian, hubungan antara percepatan tangensial (a_1) dan percepatan sudut (α) adalah

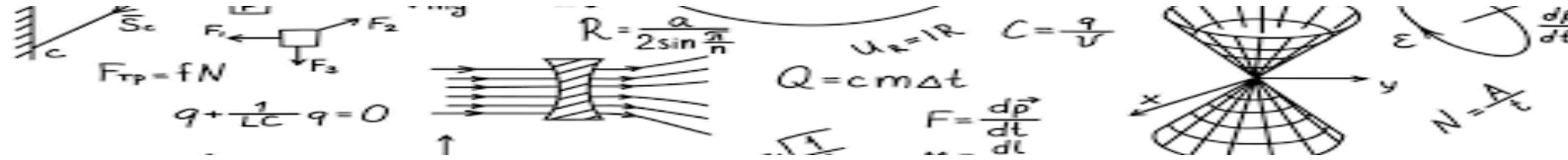
$$a_1 = r\alpha$$

dengan r : jarak partikel pada pusat putaran.

Gerak Melingkar Beraturan (GMB)

Dalam gerak melingkar beraturan terdapat beberapa ketentuan, yaitu sebagai berikut.

- Besar kecepatan linear (v)-nya tetap sedangkan arah kecepatan linearnya selalu berubah.
- Besar dan arah kecepatan sudut (ω) selalu tetap.
- Percepatan tangensial (a_1) dan percepatan sudut (α) sama dengan nol. Ini karena pada GMB tidak ada perubahan besar kecepatan linear (Δv) dan perubahan kecepatan sudut ($\Delta\omega$), atau dengan kata lain $\Delta v = 0$ dan $\Delta\omega = 0$.



a. Besaran-besaran Fisis dalam Gerak Melingkar Beraturan

1) Periode Putaran dan Frekuensi Putaran

Periode putaran (T) adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu kali putaran.

Satuan periode putaran adalah detik atau sekon (s).

Frekuensi putaran (f) adalah banyaknya putaran dalam selang waktu 1 detik (1 sekon).

Satuan frekuensi putaran adalah hertz (Hz).

Hubungkan antara periode dan frekuensi dinyatakan dengan

$$T = \frac{1}{f} \text{ atau } f = \frac{1}{T}$$

2) Kecepatan Linear (v) dan Kecepatan Sudut (ω)

Kecepatan linear adalah hasil bagi panjang lintasan yang ditempuh partikel dengan selang waktu tempuhnya.

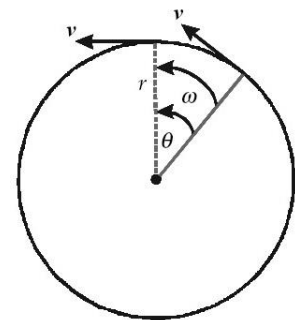
$$v = \frac{2\pi r}{T} \text{ atau } v = 2\pi r f$$

dengan: v = kecepatan linear (m/s)

r = jarak partikel ke pusat putaran (m)

T = periode putaran (s)

f = frekuensi putaran (Hz)



Kecepatan sudut adalah hasil bagi sudut pusat yang ditempuh partikel dengan selang waktunya.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \omega = 2\pi f$$

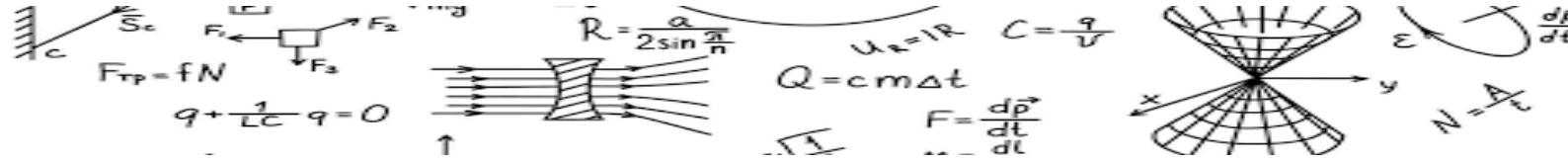
dengan: ω = kecepatan sudut (rad/s)

T = periode putaran (s)

f = frekuensi putaran (Hz)

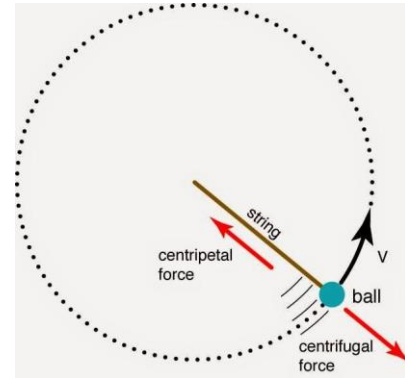
Jika, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ disubstitusikan ke $v = \frac{2\pi r}{T}$, maka diperoleh:

$$v = r\omega$$



3) Percepatan Sentripetal

Percepatan sentripetal ialah percepatan sebuah benda yang menyebabkan benda tersebut bergerak melingkar. Percepatan sentripetal selalu tegak lurus terhadap kecepatan linearnya dan mengarah ke pusat lingkaran. Percepatan sentripetal dinotasikan dengan a_s .



Untuk partikel yang melakukan gerak melingkar beraturan, percepatan tangensialnya sama dengan nol, tetapi partikel itu masih mengalami percepatan sentripetal a_s .

Percepatan sentripetal ditentukan dengan rumus

$$a_s = \frac{v^2}{r} \text{ atau } a_s = \omega^2 r$$

dengan: a_s = percepatan sentripetal (m/s^2)
 v = kecepatan linear (m/s)
 r = jarak partikel ke pusat putaran (m)

b. Persamaan Gerak pada Gerak Melingkar Beraturan (GMB)

Gerak melingkar beraturan adalah gerak suatu benda dengan kecepatan sudut ω tetap. Dengan demikian, pada GMB kecepatan sudut rata-ratanya sama dengan kecepatan sudut sesaat.

$$\bar{\omega} = \omega$$

Selanjutnya karena $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ maka $\Delta\theta = \omega \Delta t$.

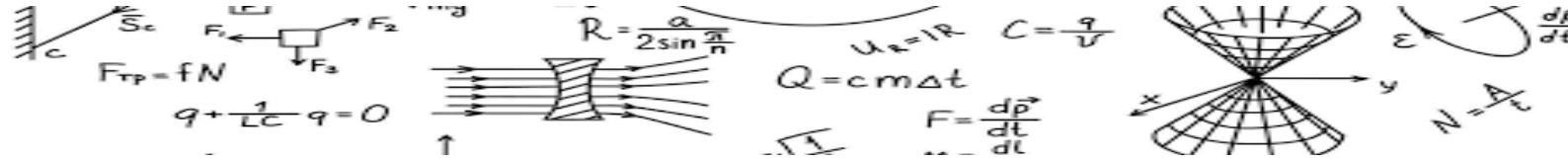
Jika pada saat $t_0 = 0$ posisi sudut partikel adalah sudut partikel adalah θ_0 , jika pada saat t posisi sudut partikel adalah θ , maka

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \text{ dan } \Delta t = t, t_0 = 0, 0 = t$$

Dengan demikian

$$\omega = \frac{\theta - \theta_0}{t}$$

$$\theta = \theta_0 + \omega t$$

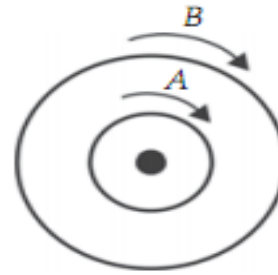


c. Hubungan Antara Roda-roda

- 1) Roda A dan roda B sepusat.

Pada dua roda yang sepusat:

- Arah putar kedua roda sama
- Kecepatan sudut kedua roda sama

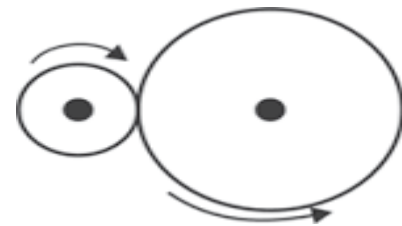


$$\omega_A = \omega_B$$

- 2) Roda A dan roda B saling bersinggungan.

Pada dua roda yang saling bersinggungan:

- Arah putar kedua roda berlawanan
- Kecepatan linear kedua roda sama

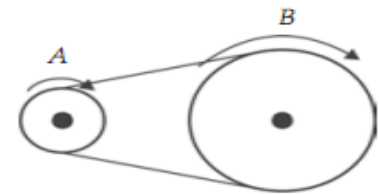


$$v_A = v_B \text{ atau } r_A \omega_A = r_B \omega_B$$

- 3) Roda A dan roda B dihubungkan dengan sabuk/rantai.

Pada dua roda yang dihubungkan dengan belt (sabuk):

- Arah putar kedua roda sama
- Kecepatan linear kedua roda sama



$$v_A = v_B$$

atau

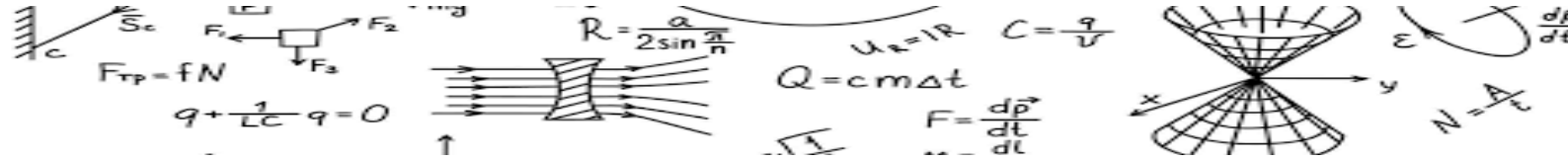
$$r_A \omega_A = r_B \omega_B$$

Gerak Melingkar Berubah Beraturan

Gerak melingkar berubah beraturan (GMBB) adalah gerak melingkar dengan percepatan sudut (α) tetap. Jika percepatan sudut searah dengan arah kecepatan sudut (percepatan positif), maka kecepatan sudut partikel makin besar. Sebaliknya jika percepatan sudut berlawanan arah dengan arah kecepatan sudut, maka kecepatan sudut partikel makin kecil.

Dalam GMBB, karena percepatan sudut (α) tetap dan tidak nol, maka partikel akan mengalami percepatan tangensial. Jadi, partikel yang mengalami GMBB mengalami dua percepatan yaitu percepatan sudut (α) dan percepatan tangensial (a_t), di mana keduanya mempunyai hubungan:

$$a_t = r \alpha$$



Besar dan arah percepatan total berturut-turut dinyatakan oleh

$$a = \sqrt{a_s^2 + a_t^2}$$

$$\tan \theta = \frac{a_t}{a_s}$$

dengan: a = percepatan total (m/s^2)

a_s = percepatan sentripetal (m/s^2), $a_s = \frac{v^2}{r}$, atau $a_s = \omega^2 r$

a_t = percepatan tangensial (m/s^2), $a_t = r\alpha$

Persamaan Gerak pada Gerak Melingkar Berubah Beraturan

a) Kecepatan sudut pada saat t dinyatakan oleh:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$$

dengan : ω = kecepatan sudut pada saat t (rad/s)

ω_0 = kecepatan sudut awal (rad/s)

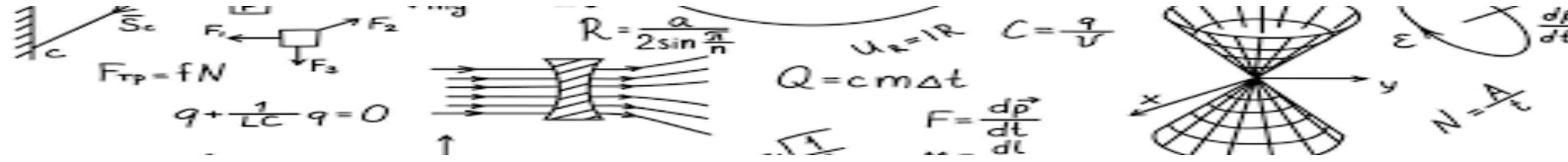
α = percepatan sudut (rad/s^2)

θ = perpindahan sudut (rad)

t = selang waktu (sekon[S])

b) Perpindahan sudut dinyatakan oleh:

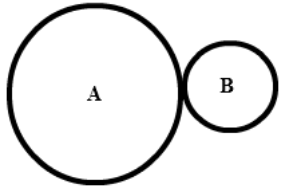
$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

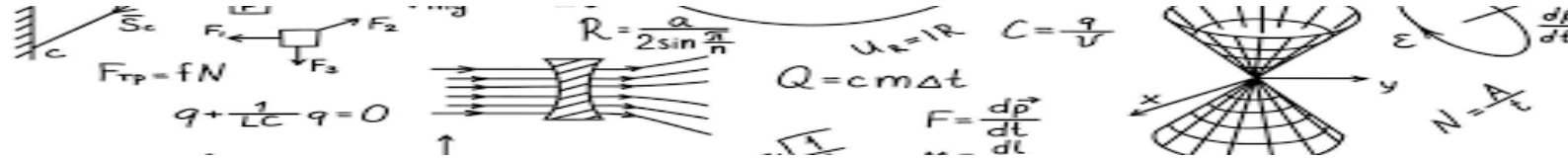


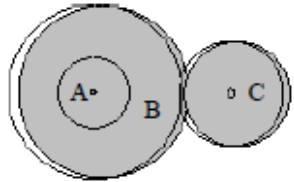
Latihan ... 5

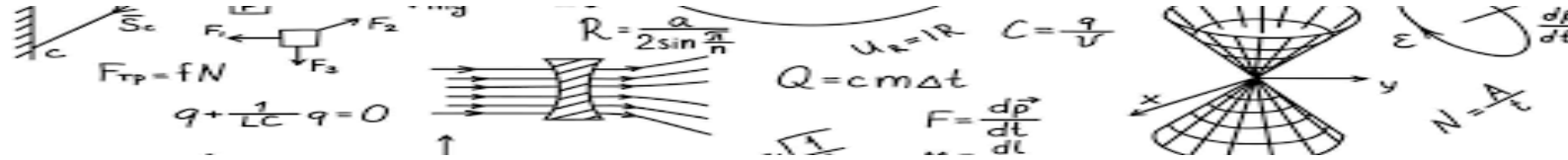
Uraian

Petunjuk : Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan proses pengerjaannya!

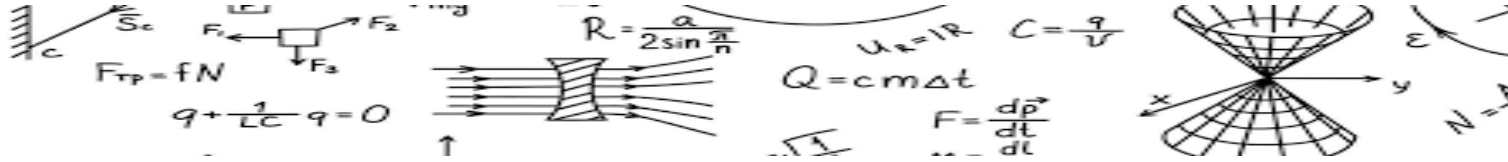
- Konversikan besaran sudut di bawah ini:
 - $120^\circ = \dots rad = \dots putaran$
 - $\frac{5}{4}\pi rad = \dots^\circ = \dots putaran$
 - $300 rpm = \dots rad/s$
- Sebuah kipas angin berputar sebanyak 150 kali dengan kelajuann linier tetap dalam waktu 20 s. Tentukanlah:
 - Frekuensi
 - Periode
 - Kelajuan linier
- Sebuah roda berputar dengan kecepatan sudut tetap 120 rpm. Jari-jari roda 0,5 m. Tentukanlah:
 - Sudut yang ditempuh roda dalam waktu 5 sekon
 - Panjang lintasan yang dilalui benda yang berada di tepi roda dalam waktu 5 detik.
 - Kecepatan linear benda yang berada di tepi roda.
- Pada gambar berikut ini diketahui $\omega_A = 30 \text{ rad/s}$, dan $\omega_B = 100 \text{ rad/s}$. Jika $r_B = 2 \text{ m}$, berapakah jari-jari roda A ?
 
- Sebuah roda katrol berjari-jari 2 m, dalam waktu 4 sekon mengalami perpindahan sudut sebesar $\frac{2}{3}$ putaran dengan kecepatan tetap. Hitunglah:
 - Frekuensi
 - Periode
 - Perpindahan sudut saat $t=4s$ dalam satuan radian
 - Kecepatan sudut



- e. Kelajuan linier pada pinggir roda katrol
6. Tiga gear terhubung satu sama lain. $r_A = 50$ cm, $r_B = 100$ cm, dan $r_C = 70$ cm. Kemudian silinder C dihubungkan pada mesin penggerak sehingga dapat berputar dengan kecepatan sudut tetap 10 rad/s. Jika semua silinder dapat berputar tanpa selip, maka tentukanlah:
- 
- Kelajuan linear di pinggir silinder B.
 - Kelajuan linear di pinggir silinder A.
 - Kecepatan sudut putaran silinder A
 - Kecepatan sudut putaran silinder B.
7. Terdapat sebuah partikel yang mengitari lintasan melingkar yang berjari-jari 2 m. Partikel membutuhkan waktu selama 20 detik untuk melakukan 1 putaran.
- Tentukanlah posisi sudut, jika partikel tersebut sudah menempuh lintasan sepanjang 10π m!
 - Tentukanlah kecepatan sudutnya!
 - Tentukanlah kelajuan liniernya!
8. Sebuah partikel bermassa 0,1 kg bergerak pada lintasan melingkar yang berjari-jari 2 m dengan kecepatan sudut tetap 50 rad/s. Tentukanlah:
- posisi sudut pada $t=5$ s, jika posisi sudut awal adalah 5 rad
 - percepatan sentripetalnya
 - Gaya sentripetalnya
9. Posisi sudut titik pada roda dinyatakan oleh $\theta = (3 + 4t^2)$ rad dengan t dalam sekon. Tentukanlah:
- posisi sudut titik tersebut pada $t = 0$ s
 - kecepatan sudut pada saat $t = 0$ s
 - posisi sudut titik tersebut pada $t = 3$ s
 - kecepatan sudut pada saat $t = 3$ s



10. Sebuah batu bermassa 0.05 kg diikat dan diputar secara horizontal. Tali tersebut sepanjang 0,5 m. Dalam waktu 5 detik, batu tersebut dapat mencapai kecepatan sudut 20 rad/s dari keadaan diam. Batu tersebut dipercepat beraturan.
- Berapakah percepatan sudutnya?
 - Berapakah percepatan tangensialnya?
 - Berapakah percepatan sentripetal roda tersebut saat $t=10$ detik?
 - Berapakah percepatan total yang dialami oleh batu saat $t=10$ detik?
 - Berapa besar gaya sentripetal yang dialami oleh batu?
11. Sebuah ban mobil berjari-jari 30 cm. Jika mobil dari keadaan diam dapat dipercepat sehingga dalam waktu 8 detik kecepatannya mencapai 15 m/s, berapakah percepatan sudut ban? Telah berputar berapa kali ban tersebut?
12. Sebuah alat pengering mesin cuci berputar pada kecepatan 900 rpm dan diperlambat beraturan sehingga berputar pada 300 rpm. Perlambatan ini dicapai setelah alat berputar 50 kali.
- Berapakah percepatan sudut mesin cuci?
 - Berapakah waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan tersebut?



Daftar Pustaka | III

Book / Textbook / Journal / Article

- Fatimah, S., & Safitri, I. (2013). *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Sidoarjo: PT Masmedia Buana Pustaka.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: prinsip dan aplikasi (ed. 7)*. Jakarta: Erlangga.
- Indrajit, D. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Fisika 1: untuk Kelas X SMA/MA Program IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Kanginan, M. (2016). *Fisika untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, M. (2017). *Master book of physics jilid 1*. Bandung: Yrama Widya.
- Materi kurikuler fisika. (t.thn.). Universitas Terbuka. Diambil kembali dari <http://repository.ut.ac.id/4497/2/PEFI4327-M1.pdf>
- Nufus, N. (2009). *Fisika: untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sapirudin, A., Rustiawan, D., & Suganda, A. (2009). *Praktis Belajar Fisika 1: untuk kelas X SMA/MA Program IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Agama.
- Zaelani, A., Cunayah, C., & Irawan, E. I. (2006). *1700 bank soal bimbingan pemantapan fisika untuk SMA/MA*. Bandung: Yrama Widya.

Website

<http://fisikasma.xyz>

<http://fisikastudycenter.com>