



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# ***Fisika Teknik***



- Eka Firmansyah (7 Pertemuan- sd. Mid)
- Dzuhri Radityo Utomo, ST, M.E., Ph.D. (7 Pertemuan)
- Buku:
  - Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach
    - Edisi 3 atau 4
- Buku fisika tingkat universitas lainnya.

- Eka Firmansyah (50%)
  - Tidak ada UTS
  - Dinilai dari Asesment
- Disklaimer
  - Kuliah bukan tentang nilai akhir.
    - Tapi tentang perjalanannya.
  - Anda adalah mahasiswa DTETI-UGM
    - Value tentang keinsinyuran UGM menjadi landasan utama.



1. Chapter 1 Concepts of Motion 2
2. Chapter 2 Kinematics in One Dimension 33
3. Chapter 3 Vectors and Coordinate Systems 69
4. Chapter 4 Kinematics in Two Dimensions 85
5. Chapter 5 Force and Motion 116
6. Chapter 6 Dynamics I: Motion Along a Line 138
7. Chapter 7 Newton's Third Law 167
8. Chapter 8 Dynamics II: Motion in a Plane 191
9. Chapter 9 Impulse and Momentum 220
10. Chapter 10 Energy 245
11. Chapter 11 Work 278

Jumlah halaman: 309

Jumlah pertemuan : 7

Rerata halaman per pertemuan: 44 halaman per pertemuan

Rerata halaman per hari: 7

Baru membaca 1 kali.

Anda perlu memahami dan mampu mengerjakan (terkait nilai).

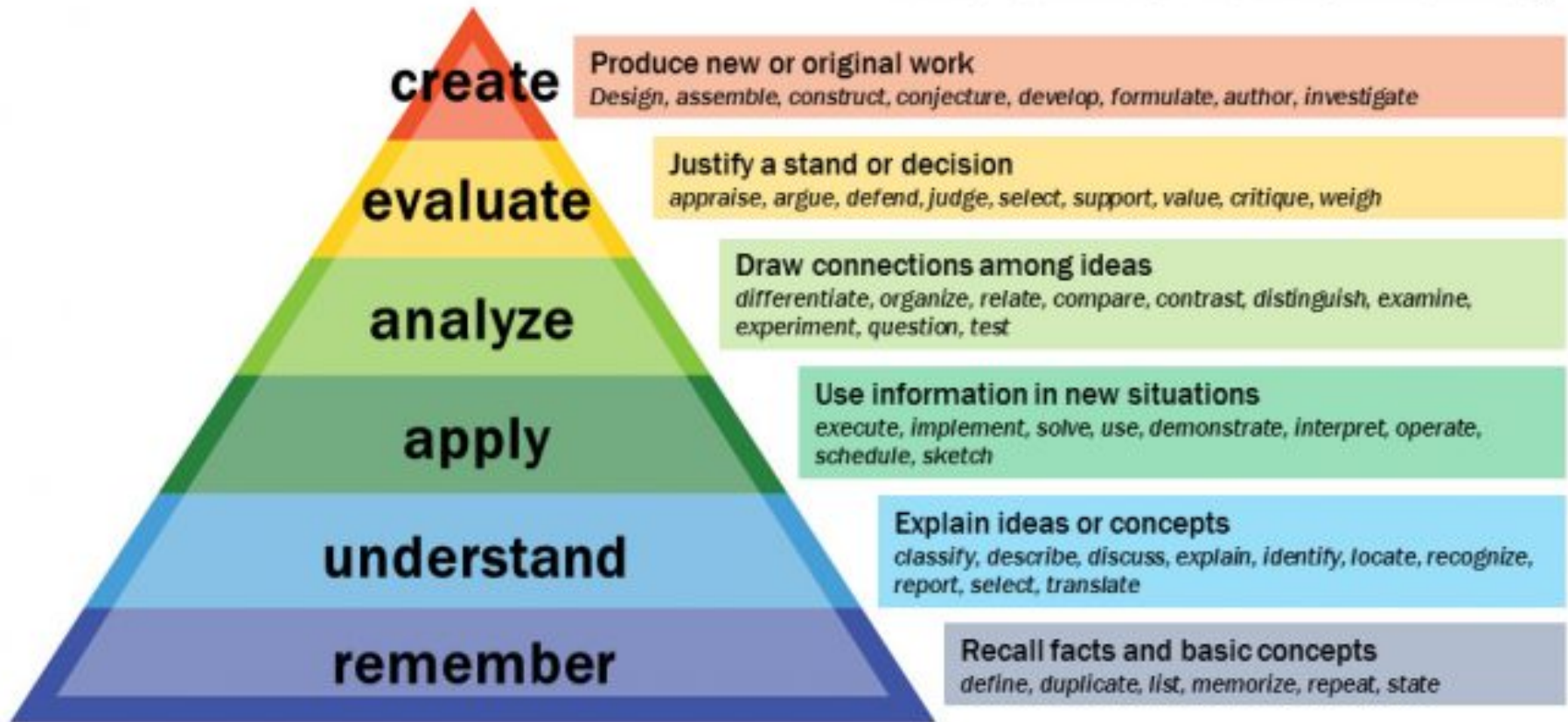
# Learning objective



1. Mahasiswa dapat menggunakan satuan, besaran fisika, notasi dan operasi vector, pada konteks yang tepat (**Bloom Level 3-Apply**),
2. Mahasiswa dapat melakukan perhitungan atas gerakan lurus, dua, dan tiga dimensi masalah terkait Hukum Newton tentang gerak (**Bloom Level 3-Apply**)
3. Mahasiswa dapat menyelesaikan masalah terkait Usaha, Energi (Kinetik-Potensial), konservasi energy, konsep Momentum, Impulse, dan Tabrakan (**Bloom Level 3-Apply**)
4. Mahasiswa dapat menyelesaikan masalah terkait Rotasi benda rigid & Dinamikanya (**Bloom Level 3-Apply**)
5. Mahasiswa dapat menyelesaikan masalah terkait Gerakan Periodis dan Gelombang Akustik (**Bloom Level 3-Apply**)
6. Mahasiswa dapat menyelesaikan masalah terkait Temperatur, Bahang, Properti Thermal Materi, Hukum Termodinamika I & II (**Bloom Level 3-Apply**)



## Bloom's Taxonomy





UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

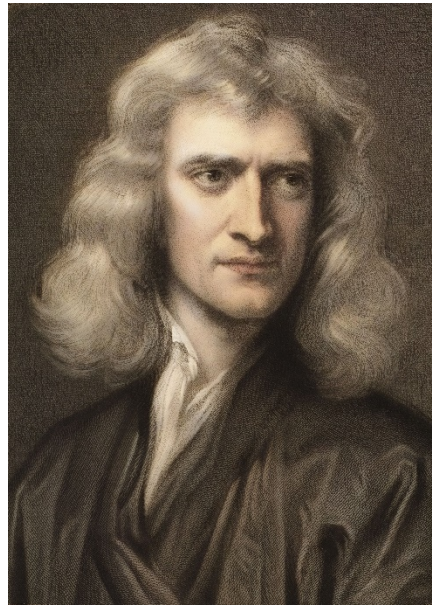
# Pengantar



# Isaac Newton



UNIVERSITAS GADJAH MADA



“Far more than just discovering the laws of gravity, Sir Isaac Newton was also responsible for working out many of the principles of visible light and the laws of motion, and contributing to calculus.”

(<https://www.nationalgeographic.org/article/isaac-newton-who-he-was-why-apples-are-falling/7th-grade/>)

**Apakah Sir Newton yang menetapkan hukum gravitasi?  
Apakah hukum gravitasi di Inggris berbeda dengan di Indonesia?**

- Fisika?

- Menghafal persamaan
- Mengingat konstanta
- Matematika rumit

- Salah

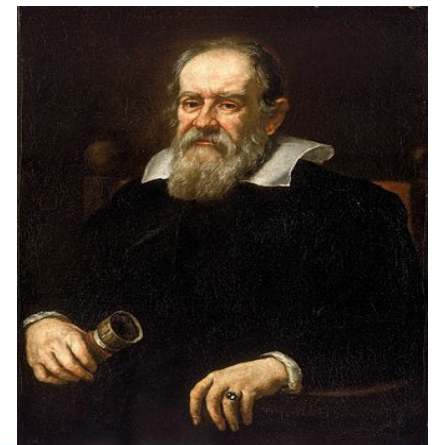
- Mungkin anda hanya sedang belajar berhitung

- Fisika

- memahami mekanisme terjadinya fenomena fisis.
- Matematika sebagai alat bantu
- Komputer, matlab, adalah sarana
- Bisa menghitung tanpa paham sama bahayanya dengan tidak paham fisika.
  - Hukum alam (hukum Tuhan) itu tanpa belas kasihan.

- Dunia fisis (semesta) adalah dunia yang kompleks.
  - Persepsi atas gejala adalah jumlahan **berbagai** macam **hukum** yang terjadi secara **simultan**.
    - Hukum **dikenali** setelah **didefinisikan**.
    - Tanpa definisi, 'hukum' **bekerja** secara **tersembunyi**. Melahirkan **legenda**, **dongeng**, cerita, **tahayul**.
    - Proses mengenali hukum alam adalah proses yang rumit, detail, penuh petualangan, resiko gagal yang tinggi, dicemooh, tidak dihargai (pada masanya).
  - Mencari keteraturan
  - Mendefinisikan Generalisasi
  - Hukum alam sangat teratur dan konsisten

Galileo Galilei



- Ada banyak dongeng dan hikmah dalam cerita tentang para ilmuwan
- Sempatkanlah membacanya
- Fisika bukan hanya persamaan mati

- Anda mengetahui bila tahu cara mengkuantisasi
- Mendefinisikan besaran fisik berarti:
  - Menetapkan cara mengukurnya,
  - Menentukan cara menghitungnya dari besaran yang lain.
- Ekspresi besaran fisis  $\rightarrow$  satuan.

Length	Mass	Time	Electric Current
meter (m)	kilogram (kg)	second (s)	ampere (A)

- Jangan menduga,
  - Kenali secara pasti
  - Buka buku
  - Pahami besarannya

# Besaran Fisis



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Prefix	Symbol	Value	Example (some are approximate)			
exa	E	$10^{18}$	exameter	Em	$10^{18}$ m	distance light travels in a century
peta	P	$10^{15}$	petasecond	Ps	$10^{15}$ s	30 million years
tera	T	$10^{12}$	terawatt	TW	$10^{12}$ W	powerful laser output
giga	G	$10^9$	gigahertz	GHz	$10^9$ Hz	a microwave frequency
mega	M	$10^6$	megacurie	MCi	$10^6$ Ci	high radioactivity
kilo	k	$10^3$	kilometer	km	$10^3$ m	about 6/10 mile
hecto	h	$10^2$	hectoliter	hL	$10^2$ L	26 gallons
deka	da	$10^1$	dekagram	dag	$10^1$ g	teaspoon of butter
—	—	$10^0$ (=1)				
deci	d	$10^{-1}$	deciliter	dL	$10^{-1}$ L	less than half a soda
centi	c	$10^{-2}$	centimeter	cm	$10^{-2}$ m	fingertip thickness
milli	m	$10^{-3}$	millimeter	mm	$10^{-3}$ m	flea at its shoulders
micro	$\mu$	$10^{-6}$	micrometer	$\mu$ m	$10^{-6}$ m	detail in microscope
nano	n	$10^{-9}$	nanogram	ng	$10^{-9}$ g	small speck of dust
pico	p	$10^{-12}$	picofarad	pF	$10^{-12}$ F	small capacitor in radio
femto	f	$10^{-15}$	femtometer	fm	$10^{-15}$ m	size of a proton
atto	a	$10^{-18}$	attosecond	as	$10^{-18}$ s	time light crosses an atom



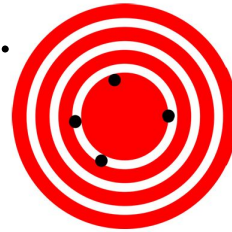
# Besaran Fisis



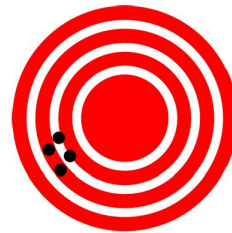
UNIVERSITAS GADJAH MADA

Lengths in meters		Masses in kilograms (more precise values in parentheses)		Times in seconds (more precise values in parentheses)	
$10^{-18}$	Present experimental limit to smallest observable detail	$10^{-30}$	Mass of an electron ( $9.11 \times 10^{-31}$ kg)	$10^{-23}$	Time for light to cross a proton
$10^{-15}$	Diameter of a proton	$10^{-27}$	Mass of a hydrogen atom ( $1.67 \times 10^{-27}$ kg)	$10^{-22}$	Mean life of an extremely unstable nucleus
$10^{-14}$	Diameter of a uranium nucleus	$10^{-15}$	Mass of a bacterium	$10^{-15}$	Time for one oscillation of visible light
$10^{-10}$	Diameter of a hydrogen atom	$10^{-5}$	Mass of a mosquito	$10^{-13}$	Time for one vibration of an atom in a solid
$10^{-8}$	Thickness of membranes in cells of living organisms	$10^{-2}$	Mass of a hummingbird	$10^{-8}$	Time for one oscillation of an FM radio wave
$10^{-6}$	Wavelength of visible light	1	Mass of a liter of water (about a quart)	$10^{-3}$	Duration of a nerve impulse
$10^{-3}$	Size of a grain of sand	$10^2$	Mass of a person	1	Time for one heartbeat
1	Height of a 4-year-old child	$10^3$	Mass of a car	$10^5$	One day ( $8.64 \times 10^4$ s)
$10^2$	Length of a football field	$10^8$	Mass of a large ship	$10^7$	One year (y) ( $3.16 \times 10^7$ s)
$10^4$	Greatest ocean depth	$10^{12}$	Mass of a large iceberg	$10^9$	About half the life expectancy of a human
$10^7$	Diameter of the Earth	$10^{15}$	Mass of the nucleus of a comet	$10^{11}$	Recorded history
$10^{11}$	Distance from the Earth to the Sun	$10^{23}$	Mass of the Moon ( $7.35 \times 10^{22}$ kg)	$10^{17}$	Age of the Earth

- Akurasi: seberapa dekat hasil ukur terhadap nilai yang sesungguhnya.



- Presisi: seberapa dekatkah hasil ukur antar pengukuran.



- Ketidakpastian:
- Ukuran kuantitatif tentang seberapa besar simpangan hasil ukur dari nilai yang seharusnya.

$$A \pm \delta A$$

$$\% \text{ unc} = \frac{\delta A}{A} \times 100\%.$$

- Sebuah ban dinyatakan memiliki berat 5 kg. Dilakukan serangkaian pengukuran dengan hasil:
  - 4,8 kg
  - 5.3 kg
  - 4.9 kg
  - 5.4 kg
  - Nyatakan dalam  $A \pm \delta A$   $\% \text{ unc} = \frac{\delta A}{A} \times 100\%$ .
- Resistor memiliki nilai 1 kohm dengan ketidakpastian 10%. Dalam rentang berapakah nilai resistor ini mungkin terjadi?

# Angka Penting

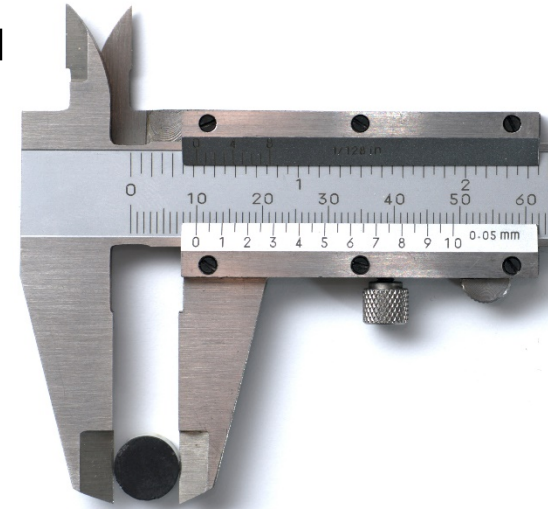


- Alat ukur memiliki ketelitian tertentu



11,1 cm

11,12 cm?



*the last digit written down in a measurement is the first digit with some uncertainty*

- Angka penting bukan pembulatan
  - Ini masalah fisika, bukan matematika
  - Matematika membantu perhitungannya
- *Garbage in garbage out*
  - Ini penting saat anda praktikum, capstone, tugas akhir

# Angka Penting



Dihitung dari kiri ke kanan



• 3,67

3 angka penting

• 0,053

2 angka penting, 0 di depan bukan angka penting

• 10053

5 angka penting

• 1300

4 angka penting

Bila angka penting lebih dari 4, nyatakan dengan notasi ilmiah

•  $1,12 \times 10^2$

3 angka penting

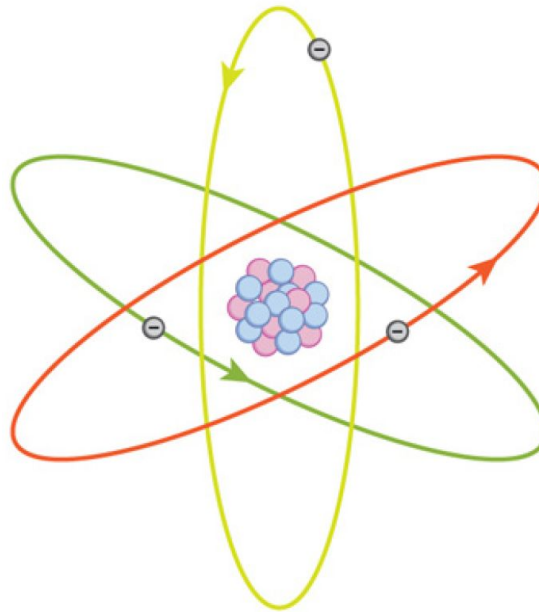


- Perkalian dan Pembagian
  - Hasil perkalian/pembagian memiliki jumlah angka penting yang sama dengan angka penting terkecil yang dioperasikan.
- Penjumlahan dan Pembagian
  - Hasil penjumlahan/pengurangan memiliki jumlah decimal sama dengan hasil pengukuran yang memiliki ketelitian (presisi) terburuk.



- Tentukan jumlah angka penting
  - 0,00009
  - 15450,0
  - $6,0 \times 10^{12}$
  - 88,980
  - 30,52
- Sebuah lingkaran memiliki radius=1,2 m, tentukan luas permukaannya dengan angka penting yang benar.
- Anda membeli jeruk, di pasar, dengan berat 7,56 kg (timbangan memiliki ketelitian 0,01 kg). Sebagaian jeruk dibawa ke lab, ditimbang di sana dengan timbangan yang memiliki ketelitian 0,001 kg. Jeruk seberat 6,052 kg yang ditimbang di lab, dibagikan di sana. Dalam perjalanan pulang, sisa jeruk yang tidak dibagikan dibawa pulang. Dijumlahkan dengan jeruk hasil oleh-oleh teman, yang dibeli dengan timbangan yang memiliki ketelitian 0.1 kg. Berat jeruk oleh-oleh tersebut adalah 13,7 kg. Berapakah total jeruk yang ada di rumah dinyatakan dengan angka penting?

- Model adalah representasi atas fenomena yang kadang sulit (atau bahkan tidak mungkin) untuk ditampilkan secara langsung.
- Membantu untuk menjelaskan sebuah sistem, memahami efek dari komponen (hipotetikal) dalam sistem, dan memperkirakan perilakunya.
- Meski model dibenarkan oleh bukti eksperimen, keakuratannya terbatas pada situasi tertentu. Contoh: Model Atom.

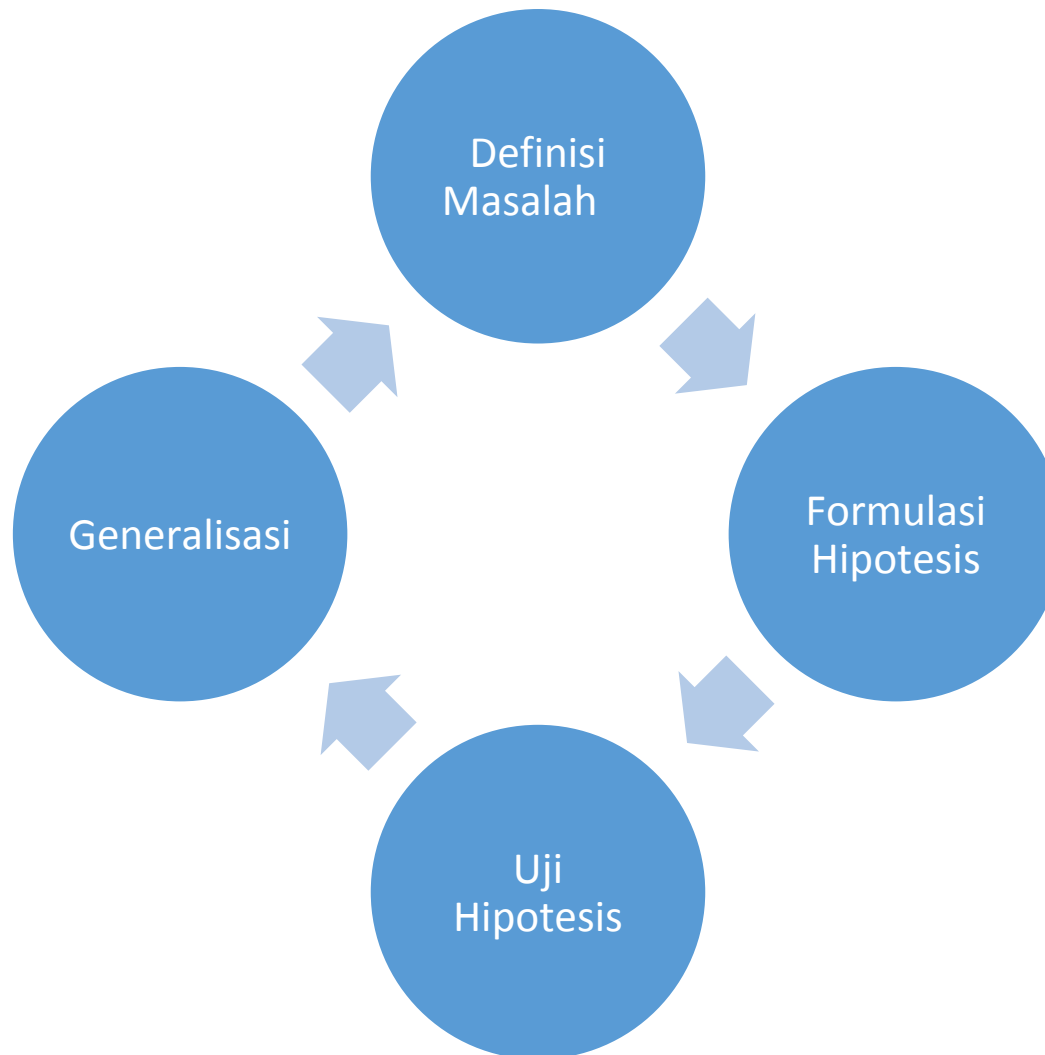


- **Hukum**

- dinyatakan secara ringkas dengan kata-kata untuk menjelaskan pola umum (generalisasi) fenomena alam yang didukung dengan bukti ilmiah dan eksperimen berulang.
- sering dinyatakan dengan bentuk persamaan matematis. ( $F = m a$ ).

- **Teori**

- menjelaskan fenomena alam yang lebih kompleks dan dinamis dibandingkan Hukum (teori Darwin, teori relativitas).
- Tidak dapat secara ringkas menjelaskan fenomena alam yang terjadi.
- Adalah luaran dari proses ilmiah yang bersumber dari suatu hukum sebagai postulatnya (dalilnya).
- Model, teori, dan hukum ? membantu menganalisis data.
- Model, teori, dan hukum ? pijakan temuan baru.





UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# Konsep Gerakan

# Gerakan



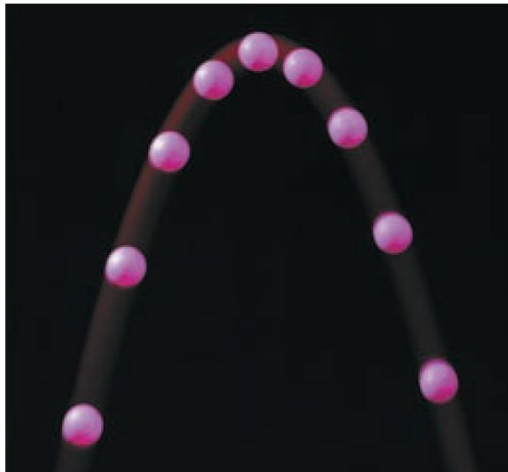
UNIVERSITAS GADJAH MADA



**Linear motion**



**Circular motion**



**Projectile motion**



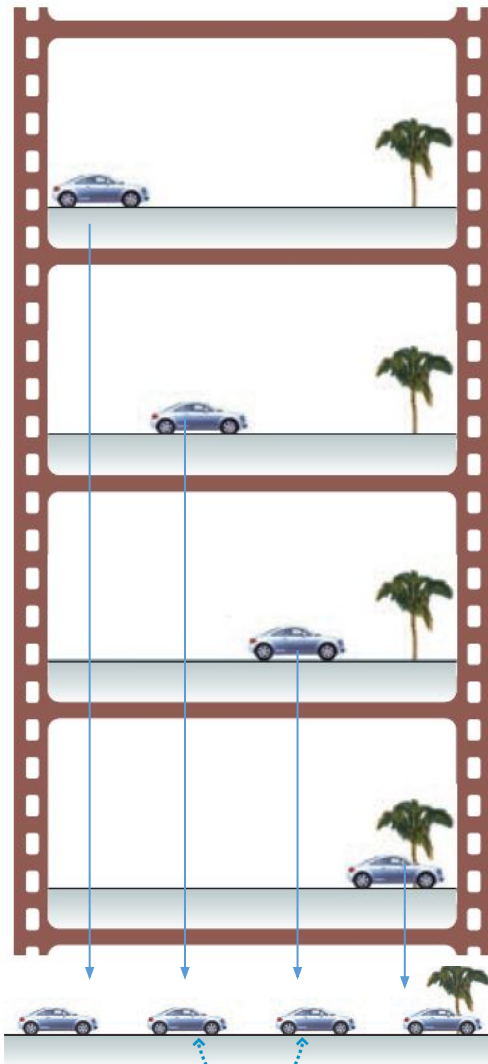
**Rotational motion**



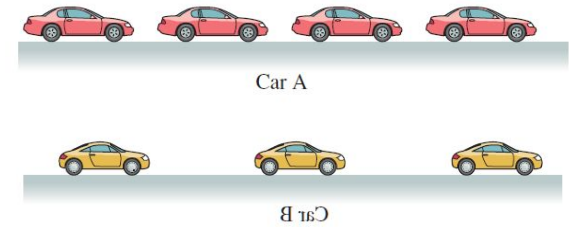
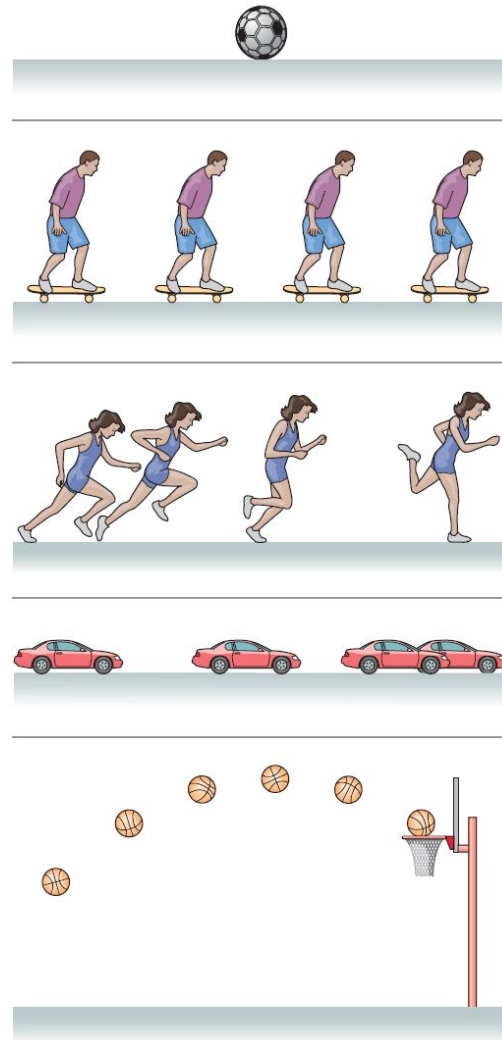
# Motion Diagram



UNIVERSITAS GADJAH MADA



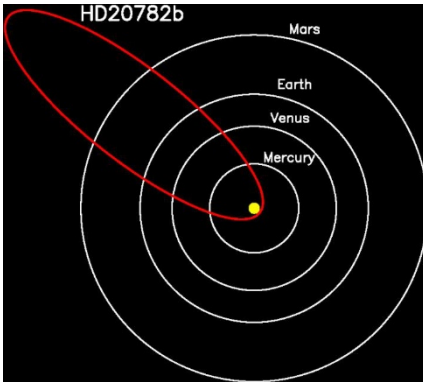
The same amount of time elapses  
between each image and the next.



# Model Partikel



UNIVERSITAS GADJAH MADA



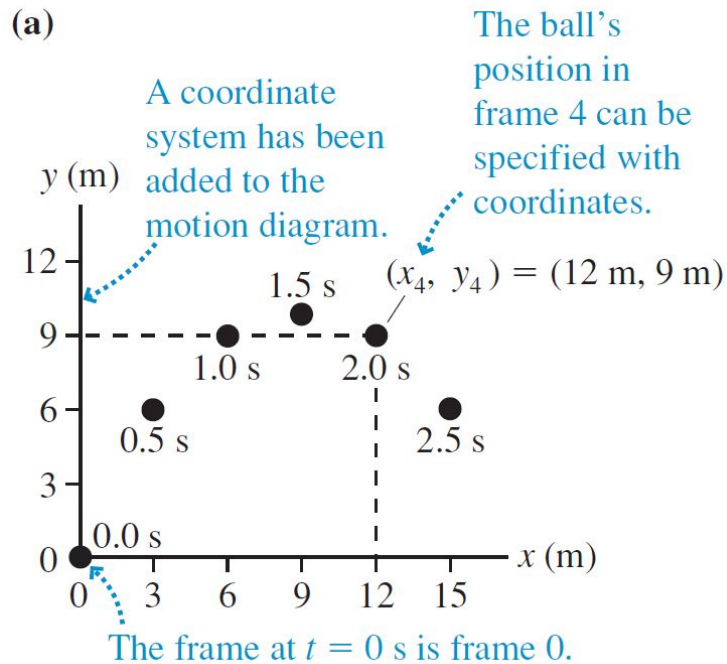
Persepsi

Menyederhanakan Perhitungan

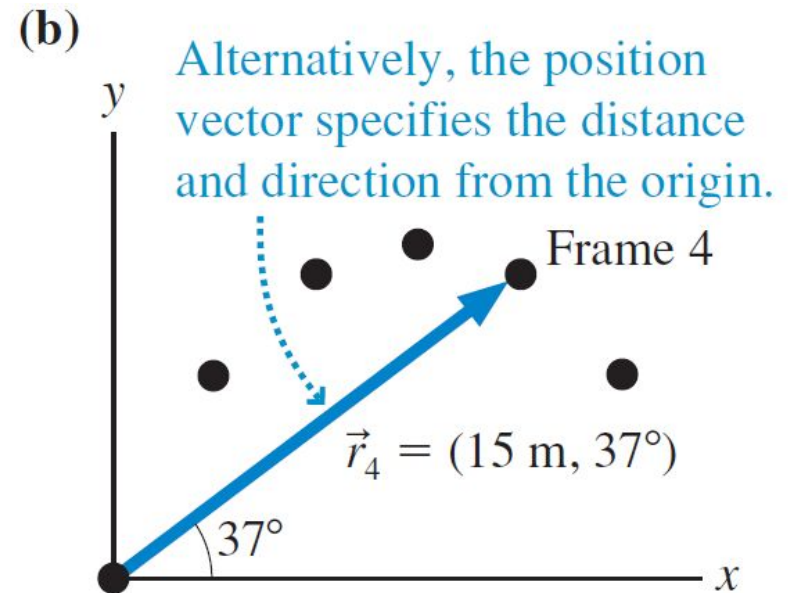


The same amount of time elapses between each image and the next.

# Representasi



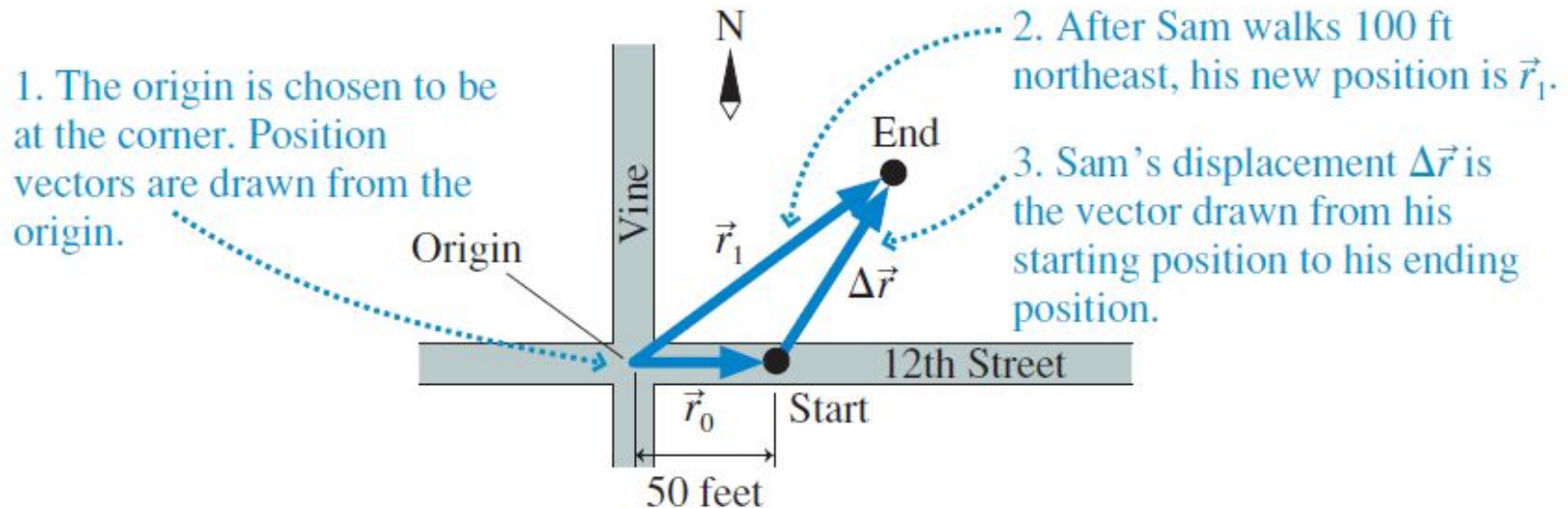
## Matematika Membantu



# Perpindahan



a *change* of position is called a **displacement**.



$$\Delta\vec{r} = (100 \text{ ft, northeast})$$

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$$



- $t_1$  dan  $t_2$  dapat saja terjadi secara acak
- Tapi  $\Delta t$  bukan hal yang acak (pasti).
- $\Delta t = t_1 + t_2$

# Velocity

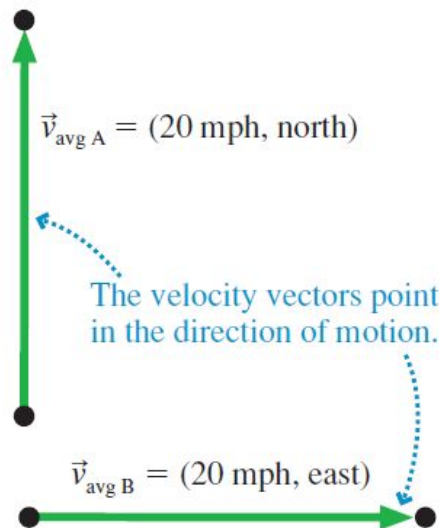


“How fast?”

$$\text{average speed} = \frac{\text{distance traveled}}{\text{time interval spent traveling}} = \frac{d}{\Delta t}$$

“How fast, and in which direction?”

$$\text{average velocity} \quad \vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$







UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# Kinematika 1 Dimensi



- Ilmu tentang Gerakan
- Tanpa memperhatikan sebab

# Uniform Motion



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Uniform motion is**

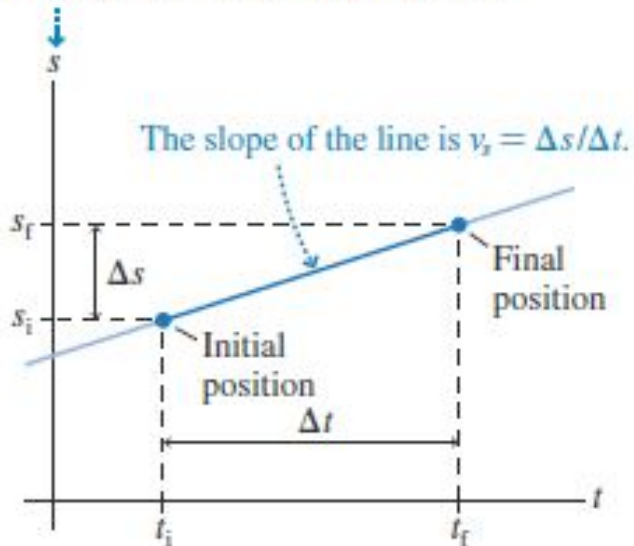
- motion with **constant velocity**
- motions with **position vs time graph** result in **straight line**

**velocity** is the combination of **speed** and **direction**

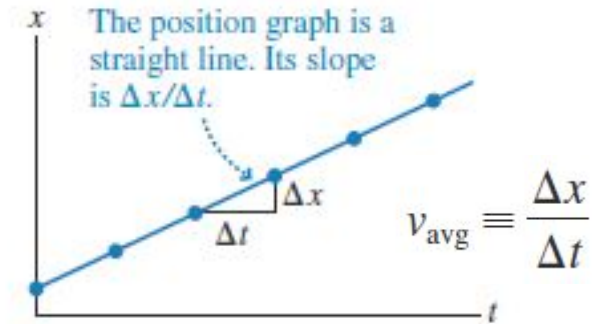
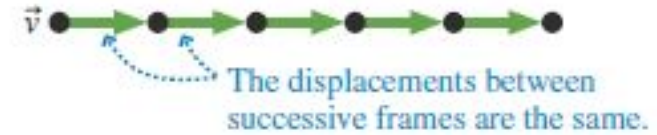
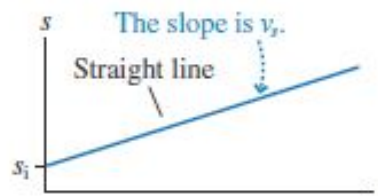
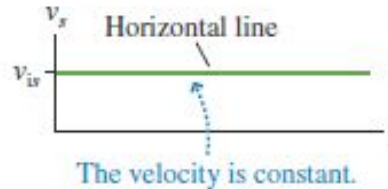
**speed** is how **fast** it's going, **independent of direction**

$$v = |v_x| \text{ or } v = |v_y|$$

We will use  $s$  as a generic label for position.  
In practice,  $s$  could be either  $x$  or  $y$ .



$\frac{\Delta y}{\Delta t}$  = slope of the position-versus-time graph  
≡ meters per second, abbreviated m/s.



$$v_s = \frac{\text{rise}}{\text{run}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i}$$

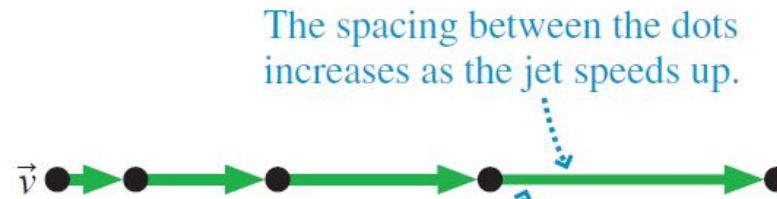
$$s_f = s_i + v_s \Delta t \quad (\text{uniform motion})$$

**Predicts future S**

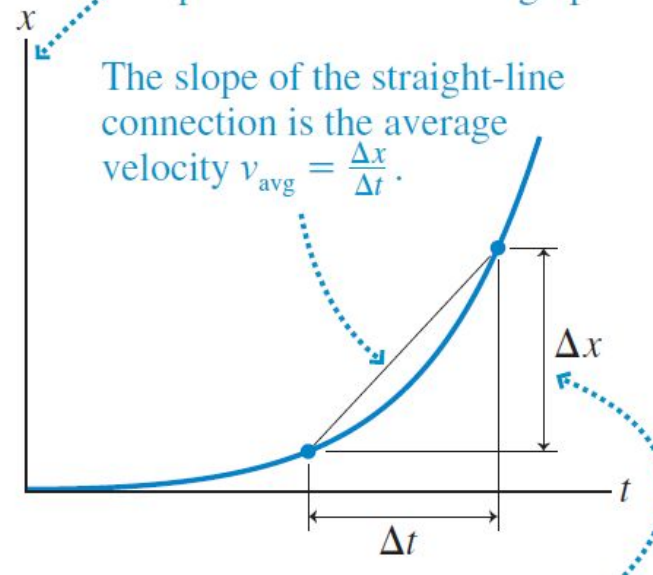
# Instantaneous Velocity



UNIVERSITAS GADJAH MADA



The jet's *horizontal* motion is shown as the *vertical* axis of the position-versus-time graph.

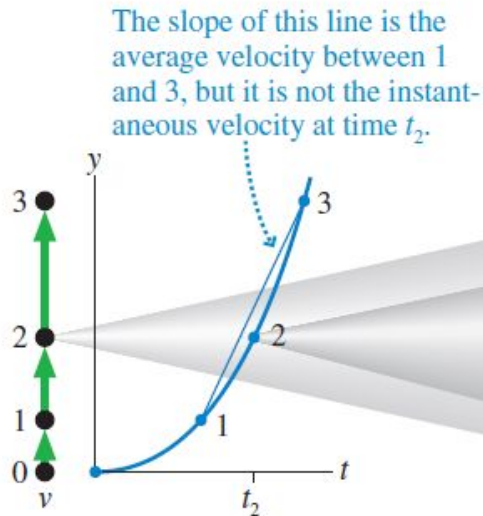


The increasing separation of the dots in the motion diagram means that  $\Delta x$  increases and the graph curves upward.

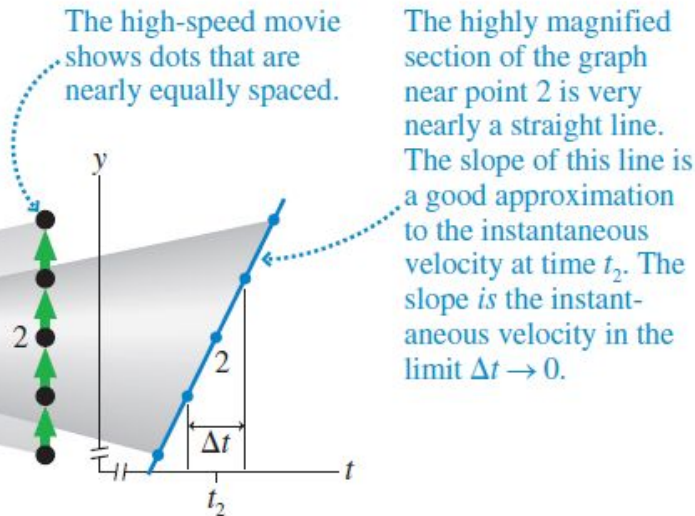
# Instantaneous Velocity



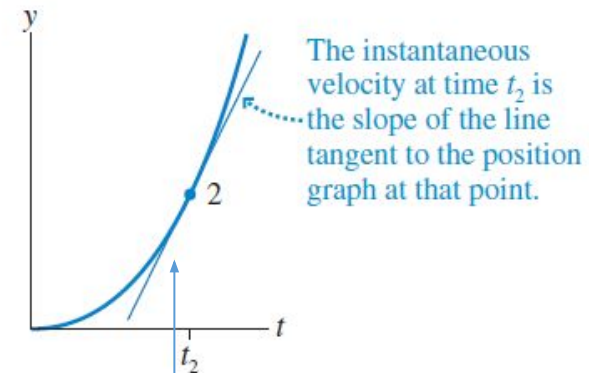
(a) 30 frames per second



(b) 3000 frames per second



(c) The limiting case

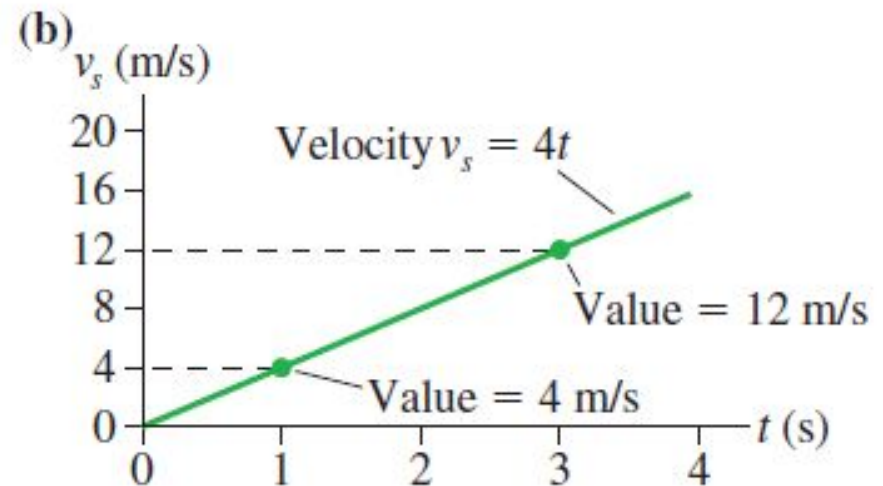
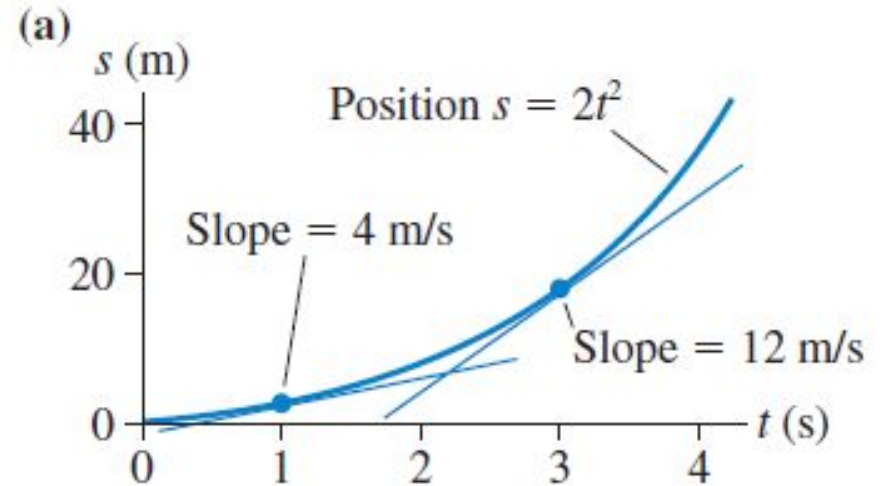
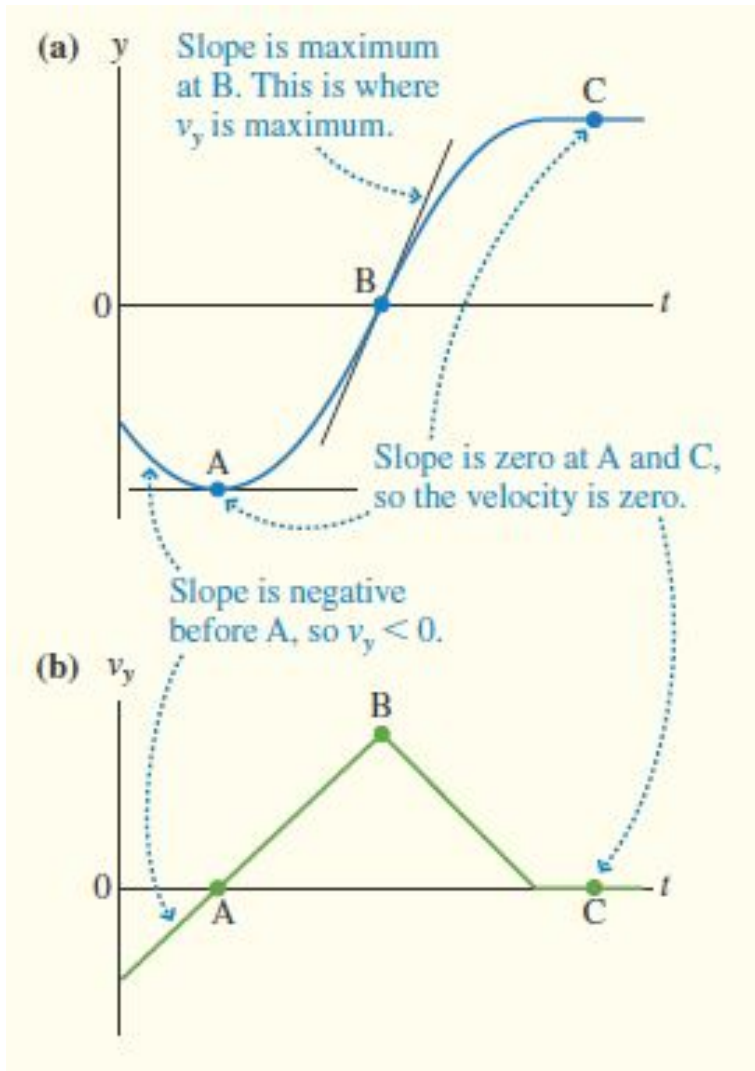


$$v_s \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (\text{instantaneous velocity})$$

$v_s = \text{slope of the position-versus-time graph at time } t$



# Instantaneous Velocity

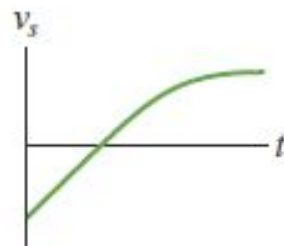
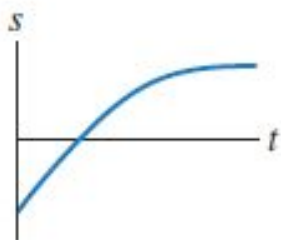


$$u(t) = ct^n$$

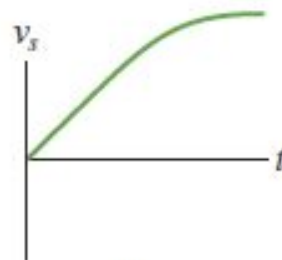
The derivative of  $u = ct^n$  is  $\frac{du}{dt} = nct^{n-1}$

$$\frac{du}{dt} = 0 \text{ if } u = c = \text{constant}$$

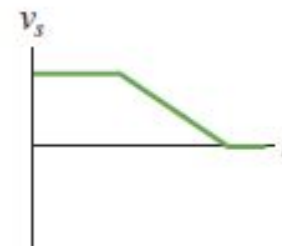
$$\frac{d}{dt}(u + w) = \frac{du}{dt} + \frac{dw}{dt}$$



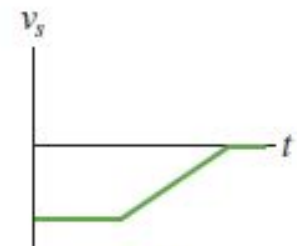
(a)



(b)



(c)



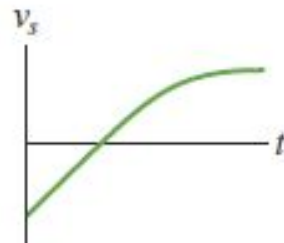
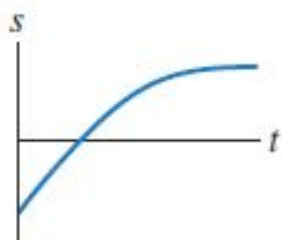
(d)



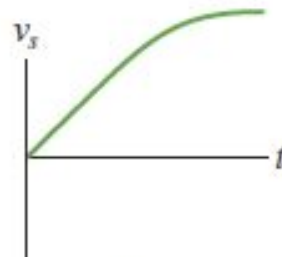
## Asesmen

Bila  $S$

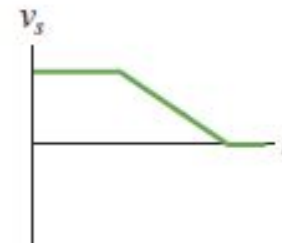
Hitung  $V$  dan tentukan mana grafiknya



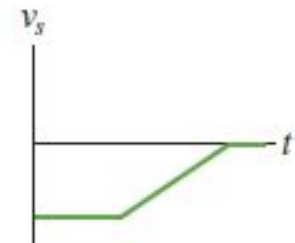
(a)



(b)

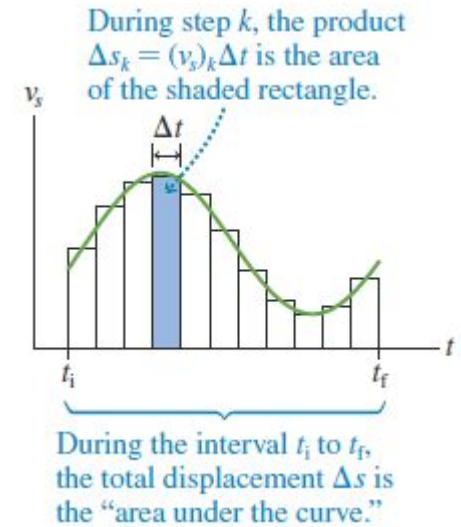
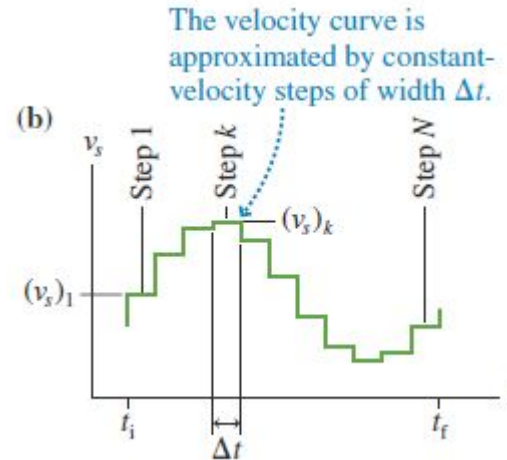
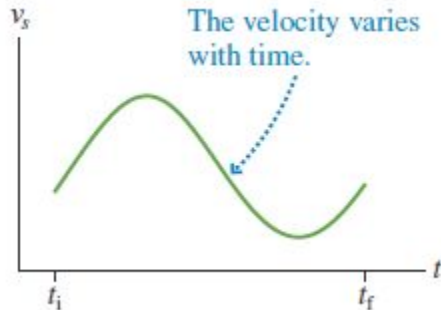


(c)



(d)

# Menghitung Posisi dari V



$$\Delta s = s_f - s_i \approx \Delta s_1 + \Delta s_2 + \cdots + \Delta s_N = \sum_{k=1}^N (v_s)_k \Delta t$$

$$s_f \approx s_i + \sum_{k=1}^N (v_s)_k \Delta t$$

$$s_f = s_i + \text{area under the velocity curve } v_s \text{ between } t_i \text{ and } t_f$$

$$\int_{t_i}^{t_f} (u + w) dt = \int_{t_i}^{t_f} u dt + \int_{t_i}^{t_f} w dt$$

# Menghitung Posisi dari V

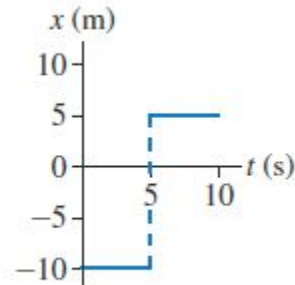
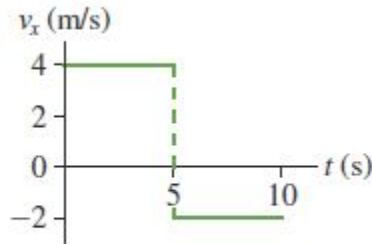


UNIVERSITAS GADJAH MADA

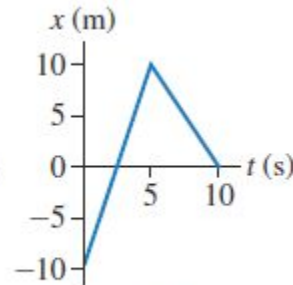
## Asesmen

Bila V

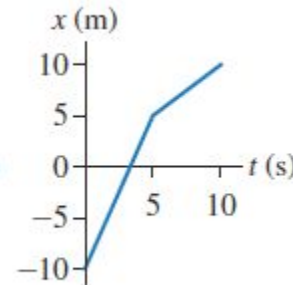
Hitung posisi akhir dan tentukan mana grafiknya



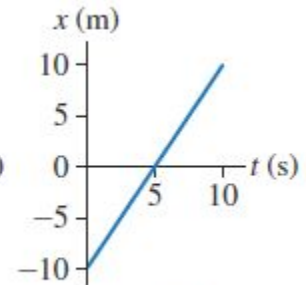
(a)



(b)



(c)



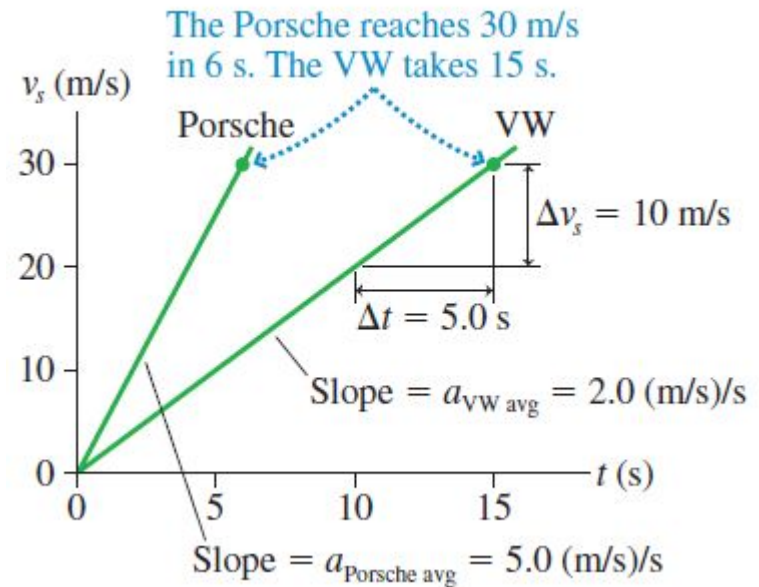
(d)

# Akselerasi Konstan



**TABLE 2.1** Velocities of a Porsche and a Volkswagen Beetle

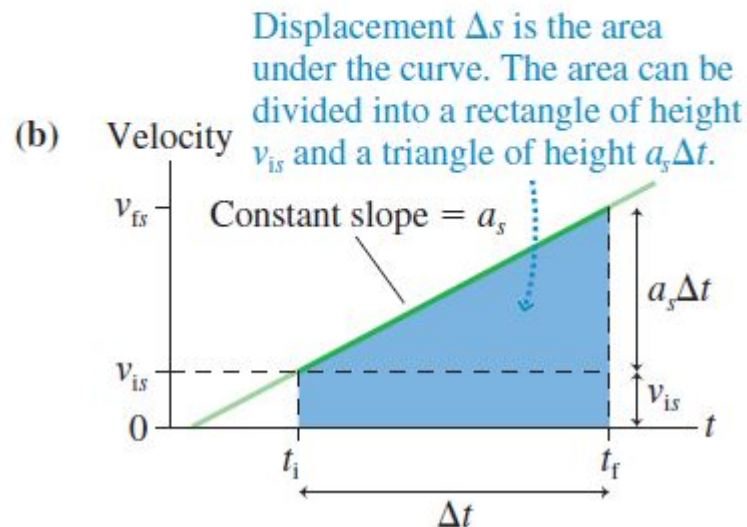
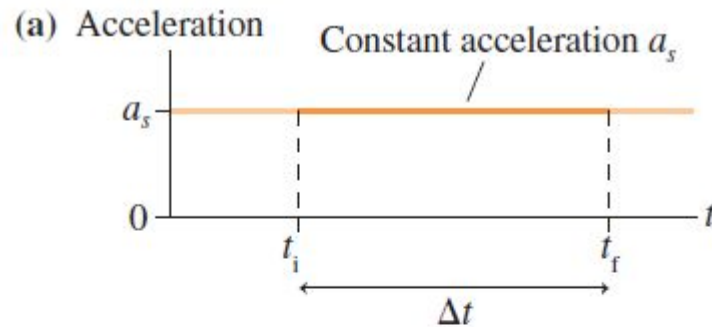
$t(\text{s})$	$v_{\text{Porsche}}(\text{m/s})$	$v_{\text{VW}}(\text{m/s})$
0.0	0.0	0.0
0.1	0.5	0.2
0.2	1.0	0.4
0.3	1.5	0.6
0.4	2.0	0.8
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$



$a_{\text{avg}} = \text{slope of the velocity-versus-time graph}$

$$a_{\text{avg}} \equiv \frac{\Delta v_s}{\Delta t} \quad (\text{average acceleration})$$

# Akselerasi Konstan



$$a_s = \frac{\Delta v_s}{\Delta t} = \frac{v_{fs} - v_{is}}{\Delta t}$$

$$v_{fs} = v_{is} + a_s \Delta t$$

$$v_{fs}^2 = v_{is}^2 + 2a_s \Delta s$$

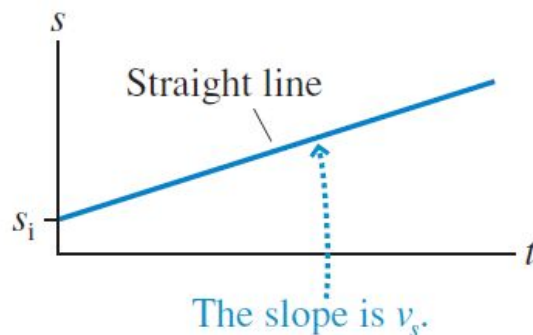
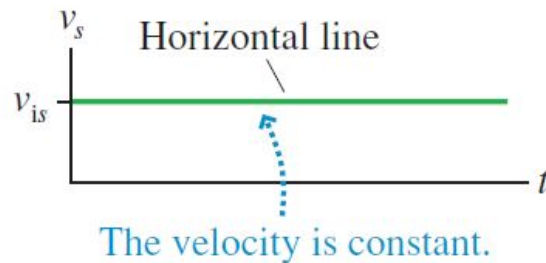
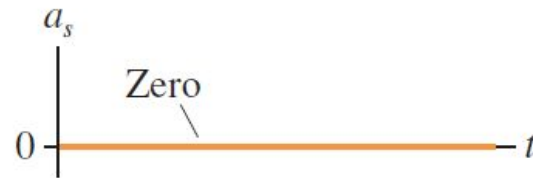
$s_f = s_i + \text{area under the velocity curve } v_s \text{ between } t_i \text{ and } t_f$

$$s_f = s_i + v_{is} \Delta t + \frac{1}{2} a_s (\Delta t)^2$$

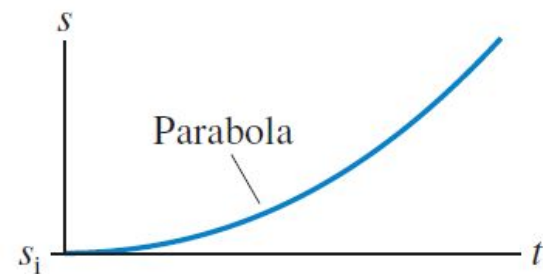
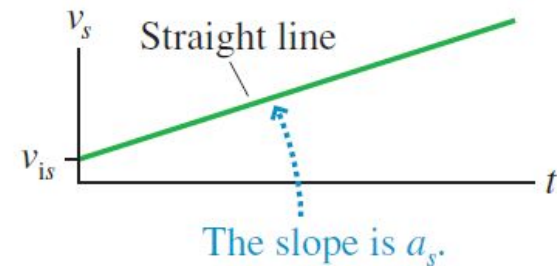
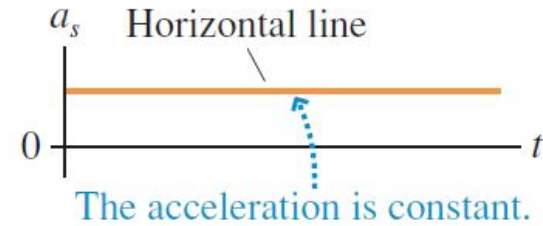
# Akselerasi Konstan



(a) Motion at constant velocity



(b) Motion at constant acceleration







UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# Vektor dan Sistem Koordinat





- Please read by your self.