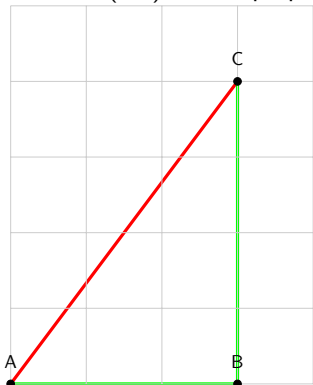


Usaha dan Energi

A. Usaha Work)

- Perpindahan** adalah selisih posisi akhir dan awal. Misal posisi awal A ada di (0,0) lalu berpindah ke titik B (3,0) dan terakhir di titik C (4,0). Maka perpindahan dari A ke C adalah 5 satuan.



- Jarak** adalah semua lintasan yang dilewati selama proses benda bergerak. Berdasarkan contoh tersebut, maka jarak yang ditempuh dari A ke C adalah 7 satuan (hijau)
- kecepatan** adalah perubahan posisi (perpindahan) tiap satuan waktu $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$. Karena ini besaran vektor ada arahnya.
- kelajuan** adalah jarak yang ditempuh tiap satuan waktu $v = \frac{s}{t}$. Besarnya kelajuan pasti sama atau lebih besar dari kecepatan.
- Grafik** tentang GLB tentang hubungan $(v - t)$ adalah grafik lurus (karena kecepataannya tidak berubah)
- Saling kejar-kejaran** menggunakan prinsip "waktu yang diperlukan menyusul: jarak dibagi selisih kecepatan"

$$t = \frac{s}{v_1 - v_2}$$

- Saat saling bertemu** menggunakan prinsip "waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak antar objek adalah : jarak dibagi jumlah kecepatan"

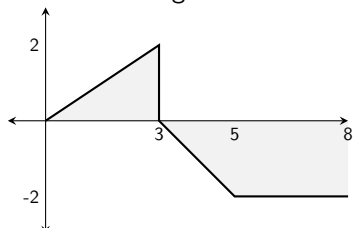
$$t = \frac{s}{v_1 + v_2}$$

B. Gerak Lurus Berubah Beraturan

- Percepatan a** adalah perubahan kecepatan per satuan waktu

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

- Grafik** tentang GLBB misalnya tentang hubungan $(v - t)$



- * Untuk menghitung jarak = luas semua arsiran (abu)
- * Perpindahan = luas di atas - luas di bawah

- Tiga rumus pada GLBB yang harus dihafalkan

Rumus

$$(1) \vec{v}_t = \vec{v}_0 + a.t$$

$$(2) \vec{s} = \vec{v}_0.t + \frac{1}{2}a.t^2$$

$$(3) v_t^2 - v_0^2 = 2.a.s$$

v_0 : kecepatan awal (m/s)

v_t : kecepatan akhir (m/s)

a : percepatan (+) jika searah gerak

\vec{s} : perpindahan (+) jika searah gerak (m)

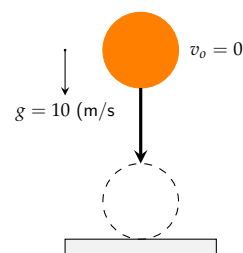
- Rumus di atas, digunakan sesuai dengan kebutuhan. Misal jika tidak diketahui waktu, dan tidak perlu dicari, maka gunakan rumus (3). Sedangkan pada soal yang tidak ada hubungannya dengan perpindahan/jarak maka gunakan rumus (1), dan seterusnya
- Pada GLBB, perlambatan artinya adalah a yang bernilai negatif
- Benda yang menjadi berhenti artinya v_t adalah 0 m/s

C. Gerak Vertikal

Gerak Vertikal dibagi menjadi:

A. Jatuh bebas

Ciri dari gerak jatuh bebas adalah "mula-mula diam", "dilepas tanpa kecepatan awal", "dilepas dari ketinggian", yang semuanya mempunyai makna $v_0 = 0$. Perhatikan ilustrasi berikut:

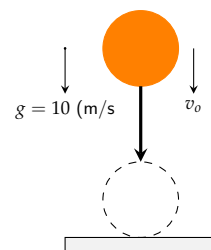


Pada kondisi ini, kecepatan awal $v_0 = 0$ m/s, dan percepatan a diganti dengan $+g$ yakni 10 m/s^2 . Dan berlaku rumus

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

- Vertikal Ke bawah** Pada gerak vertikal ke bawah, persamaan (1), (2), dan (3) GLBB digunakan secara utuh. esarnya $a = +g$ dan kecepatan awal v_0 diketahui pada soal.

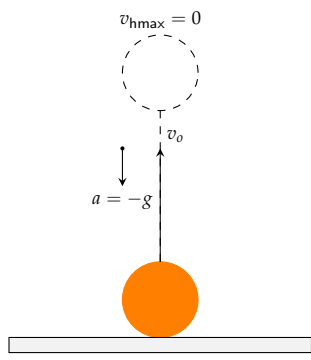


$$\vec{v}_t = \vec{v}_0 + g.t$$

$$\vec{s} = \vec{h} = \vec{v}_0.t + \frac{1}{2}g.t^2$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2.g.h$$

- Dilempar ke atas hingga berhenti** Pada kasus ini benda mempunyai kecepatan mula-mula. Namun kecepatan benda berkurang karena a berlawanan dengan kecepatan awal ($a = -g$). Sedangkan pada titik tertinggi, kecepatan benda adalah nol ($v_t = 0$). Berikut ilustrasinya

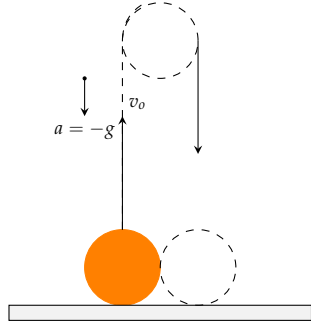


Karena di ketinggian maksimal kecepatan nol, maka berlaku pula persamaan

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

D. **Vertikal ke atas** Keadaan ini merupakan kebalikan dari kondisi gerak vertikal ke bawah. Gerak vertikal ke atas, menggunakan persamaan glbb (1), (2), dan (3) secara utuh, namun rumusnya diubah pada bagian a menjadi $-g$



$$\vec{v}_t = \vec{v}_0 - g \cdot t$$

$$\vec{s} = \vec{h} = \vec{v}_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2 \cdot (-g) \cdot h$$

Contoh Soal dan Penyelesaian

A. GLB

1. Dua buah mobil bergerak ke arah yang sama. Jik mobil A bergerak dengan kecepatan 20 m/s dan mobil B bergerak 50 m/s. Mobil A 150 detik lebih awal bergerak. Kapan mobil B akan menyusul mobil A?

jawab

$$v_A = 20 \text{ m/s} \quad v_B = 50 \text{ m/s}$$
$$t_A = 150 \text{ s} \quad \text{Pada saat A bergerak}$$

Ditanya t saat menyusul A?

selama 150 detik, jarak yang ditempuh adalah

$$s = v \cdot t = 20 \cdot 150 = 3000 \text{ m}$$

Kemudian berdasarkan catatan sebelumnya, waktu yang diperlukan untuk menyusul adalah

$$t = \frac{s}{\Delta v}$$
$$t = \frac{3000}{50 - 20}$$
$$t = 100 \text{ s}$$

Berarti waktu yang diperlukan B untuk mengejar adalah 100s, atau $100 + 150 = 350 \text{ s}$ sejak A bergerak.

2. Budi bergerak dari posisi A (0,0) ke titik B (4,0) selama 2 detik. Kemudian ke posisi (4,3) selama 6 detik. Tentukan
- a. Kecepatan dari titik A ke B
 - b. Kelajuan dari titik A ke B
 - c. kecepatan dari titik A ke C
 - d. kelajuan dari titik A ke C

jawab

a. kecepatan dari titik A ke B adalah $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{4}{2} = 2 \text{ satuan/s}$

b. kelajuan dari titik A ke B adalah $v = \frac{s}{t} = \frac{4}{2} = 2 \text{ satuan/s}$

c. kecepatan dari titik A ke C adalah $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{5}{8} \text{ satuan/s}$

d. kelajuan dari titik A ke C adalah $v = \frac{s}{t} = \frac{7}{8} \text{ satuan/s}$

3. Dua buah mobil terpisah pada jarak 560 meter bergerak saling mendekati pada saat yang bersamaan masing-masing bergerak lurus beraturan. Mobil pertama mula-mula berada di A bergerak lurus beraturan dengan kecepatan 144 km/jam dan mobil kedua mula-mula di B bergerak dengan kecepatan 108 km/jam.
- a Kapan kedua mobil itu berpapasan.
 - b Pada jarak berapa dari A kedua mobil itu berpapasan?

jawab

Dari soal diketahui bahwa $v_A = 144 \text{ km/jam} = \frac{144}{3,6} = 40 \text{ m/s}$

Sedangkan kecepatan $v_B = 108 \text{ km/jam} = \frac{108}{3,6} = 30 \text{ m/s}$

a waktu berpapasan t

$$t = \frac{s}{v_1 + v_2}$$
$$t = \frac{560}{30 + 40} = \frac{560}{70} = 8 \text{ s}$$

b Jarak dari A saat berpapasan adalah

$$s_A = v_A \cdot t$$
$$s_A = 40 \cdot 8 = 320 \text{ m}$$

4. Sebuah benda bergerak lurus ke arah timur dengan kecepatan 5 m/s selama 10 sekon, kemudian berbalik ke arah barat lurus dengan kecepatan 10 m/s selama 2 sekon. Besarnya jarak dan perpindahan benda berturut-turut adalah. . . .
- A. 30 m dan 70 m
 - B. 70 m dan 30 m
 - C. 60 m dan 90 m
 - D. 90 m dan 60 m
 - E. 100 m dan 30 m

jawab

Jarak adalah seluruh lintasan yang ditempuh

$$s = s_{\text{ke timur}} + s_{\text{ke barat}} = v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot t_2 = 5 \cdot 10 + 10 \cdot 2 = 70 \text{ m}$$

Perpindahan adalah selisih posisi akhir-posisi awal. Misal awal berada di titik 0,0 maka benda tersebut di akhir berada di

Jadi perpindahan adalah posisi C - A = (3,0)-(0,0) = 30 m

5. Pencuri (A) mengejar polisi yang berjarak 240m. Jika polisi (B) menggunakan mobil dengan kecepatan 90 km/jam, berapakah kecepatan pencuri (A) agar dapat mengejar pada jarak 600m?

jawab

agar terkejar pada jarak 600m (menurut A) berarti waktu pengejaran adalah jarak/kecepatan. Jarak 600m tapi kecepatan tidak diketahui. Maka gunakan jarak yang dilalui B selama pengejaran. Kalau menurut A 600m, berarti menurut B adalah 360m lagi sampai tertangkap

$$t = \frac{s_{\text{sisia}}}{v_B} = \frac{360}{90/3,6} = 14 \text{ s}$$

Berarti dalam waktu 14 s pencuri (A) harus menempuh 600m, jadi kecepatannya

$$v_A = \frac{600}{14} = \frac{300}{7} \text{ m/s}$$

B. Gerak Lurus Berubah Beraturan

6. Sebuah mobil mula-mula diam. Jika mesin dapat mempercepat 2 m/s², maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 100 m adalah . . .

jawab

Karena yang diketahui adalah perpindahan \vec{s} dan percepatan a serta yang ditanyakan adalah waktu t , maka rumus yang paling sesuai adalah rumus (2)

$$\vec{s} = v_o.t + \frac{1}{2}.a.t^2$$
$$100 = 0.t + \frac{1}{2}.2.t^2$$
$$100 = t^2$$
$$t = \sqrt{100} = 10 \text{ s}$$

7. Sebuah mobil mula-mula bergerak dengan kecepatan 10 m/s. Jika perlambatan mobil adalah 4 m/s², tentukan jarak hingga berhenti.

jawab

$v_t = 0 \text{ m/s}$ (berhenti)
 $v_o = 10 \text{ m/s}$
 $a = -4 \text{ m/s}^2$ (perlambatan)

Dari besaran yang ditanya: s hingga berhenti . . . ?
diketahui, berarti rumus yang sesuai adalah rumus (3) yang tidak ada t

$$v_t^2 - v_o^2 = 2.a.s$$
$$0 - 100 = 2.(-4).s$$
$$\frac{100}{8} = s$$
$$s = 12,5 \text{ m}$$

8. Mobil A bergerak dengan kecepatan 40 m/s. Jika mobil B pada saat yang bersamaan mula-mula diam, dan percepatan yang dilakukan mesin adalah 2 m/s², tentukan kapan dan di mana mobil B akan menyusul A!

jawab

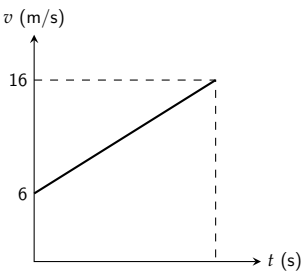
Kosep menyusul adalah jarak yang ditempuh B bisa menyamai jarak A. Padahal gerak B adalah GLBB dan gerak A adalah GLB

$$s_A = s_B$$
$$v_A.t = v_o.t + \frac{1}{2}.at^2$$
$$40t = 0 + \frac{1}{2}.2t^2$$
$$40t = t^2$$
$$t = 40 \text{ s}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk menyusul adalah 40 s. Adapun posisi "penyusulan" tersebut bisa dihitung dengan GLB A atau GLBB pada B.

$$s = v_A.t = 40.40 = 1600 \text{ m}$$
$$s = v_o.t + \frac{1}{2}.a.t^2 = 0 + \frac{1}{2}.2.40^2 = 1600 \text{ m}$$

9. Sebuah partikel bergerak dengan grafik hubungan kecepatan dan waktu seperti pada gambar



Tentukan jarak yang ditempuh benda 4 detik pertama!

jawab

Pada soal seperti ini, pastikan ingat bahwa jarak = luas daerah dibawah arsinar grafik

Jadi luasnya adalah luas trapesium yakni

$$L = s = \frac{(a+b)}{2}.t = \frac{16+6}{2}.4 = 44 \text{ m}$$

C. Gerak Vertikal

10. Sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian 45 m. Tentukan berapa kecepatan di dasar sebelum menumbuk, dan berapa waktu yang diperlukan untuk mencapai tanah!

jawab

Karena ini adalah benda dijatuhkan berarti $v_o = 0$ m/s berlaku

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} = 30 \text{ m/s}$$

dan

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} = \sqrt{\frac{90}{10}} = \sqrt{9} = 3 \text{ s}$$

11. Sebuah benda dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s. tentukan waktu agar sampai ke tanah kembali

jawab

cara 1
waktu hingga ke berhenti adalah

$$v_o = v_o - g \cdot t$$

$$t = \frac{v_o}{g} = \frac{10}{10} = 1 \text{ s}$$

waktu hingga ke bawah lagi adalah 2 kali waktu naik = 2 s
cara 2 perpindahan dari awal ke akhir = 0 (kembali ke tanah).
Padahal v_o arah ke atas dan g arah ke bawah

$$\vec{s} = v_o \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = 10 \cdot t - 5 t^2$$

$$10t = 5t^2$$

$$t = 2 \text{ s}$$

12. Dua buah batu dilemparkan dari puncak sebuah menara pada saat yang bersamaan ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Batu pertama dilemparkan vertikal keatas dengan kecepatan 15 m/s. Sedangkan batu kedua jatuh bebas. Jarak kedua batu setelah 3 sekon adalah . . .

jawab

Perlu diketahui perpindahan batu pertama \vec{s} . Karena berupa vektor, maka jika nilainya positif, berarti sedang berada di atas (searah dengan kecepatan), jika nilainya negatif berarti (di bawah titik awal)

$$\vec{s} = v_o \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$\vec{s} = 15 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2$$

$$\vec{s} = 45 - 45 = 0 \text{ m}$$

Berarti kembali ke titik puncak menara. Mari kita hitung posisi batu kedua. Karena jatuh bebas maka $v_o = 0$ dan $g = +$ (searah dengan kecepatan awal).

$$\vec{s} = v_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2$$

$$\vec{s} = 0 + 45$$

$$\vec{s} = 45 \text{ m}$$

Jadi perpindahannya sudah 45 m di bawah puncak menara.
Jarak kedua batu adalah 45 m

13. Waktu yang diperlukan untuk jatuh bebas dari 100 m ke 20 meter adalah ..

jawab

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} = \sqrt{16} = 4 \text{ s}$$

14. Bola dilempar dengan kecepatan 40 m/s, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan maksimum adalah . .

jawab

Gunakan persamaan (1)

$$t = \frac{v_o}{g} = \frac{40}{10} = 4 \text{ s}$$

15. Dari sebuah menara dengan ketinggian 70 m, batu dilempar ke atas dengan kecepatan 14 m/s. Berapa kecepatan batu saat menyentuh tanah?

jawab

ingat bahwa perpindahan adalah besaran vektor, maka saat dilempar ke atas, koq berakhir di bawah maka perpindahanya $\vec{s} = -70 \text{ m}$. Karena tidak mempertanyakan waktu maka hitung dengan persamaan (3)

$$v_t^2 - v_o^2 = 2 \cdot a \cdot s$$

$$v_t^2 - 14^2 = 2 \cdot (-10) \cdot (-70)$$

$$v_t^2 = 1400 + 196 = 1596$$

$$v_t = \sqrt{1596} = 39,2 \text{ m/s}$$