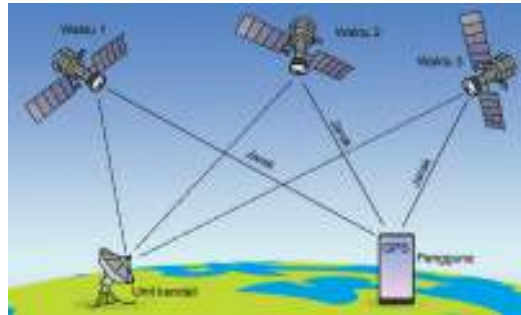


Global Positioning System (GPS) memerlukan minimal tiga satelit untuk menentukan posisi suatu benda. Setiap satelit mencatat jarak dari satelit ke benda tersebut. Sekurang-kurangnya diperlukan dua data satelit untuk menentukan titik lokasi benda dengan tepat.



Gambar 2.1 Cara kerja GPS
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Jenis-jenis gerak dapat diamati dalam bidang olahraga. Lari 100 m menunjukkan gerak lurus. Gerak bola basket merupakan gerak parabola. Lempar cakram melibatkan gerak melingkar beraturan.



Gambar 2.2 Gerak lurus pada lomba lari 100 m
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

A. Pengertian Gerak

Subbab ini membahas posisi dan kerangka acuan yang bersesuaian dengannya serta hubungannya dengan pengertian gerak.

1. Kerangka Acuan dan Posisi

Kalian dan ibu kalian berbelanja keperluan berbeda di pasar yang sama. Bagaimana kalian menginformasikan posisi kalian kepada ibu kalian? Pilot pesawat terbang perlu menginformasikan posisinya kepada petugas ATC secara berkala agar tiba di tujuan. Perhatikan konteks yang lebih sempit untuk menjelaskan posisi.



Ayo, Berdiskusi!

Perhatikan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Posisi berbagai bangunan di suatu jalan dan arah mata angin
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Kalian berada di rumah Tenri. Bagaimana menjelaskan posisi kalian jika rumah Lanny menjadi patokan? Jika rumah Siti menjadi patokan? Ternyata, posisi dapat ditentukan dengan lebih dari satu cara karena penggunaan patokan yang berbeda.

“Patokan disebut sebagai kerangka acuan.”

2. Gerak sebagai Perubahan Posisi

Coba kalian lakukan kegiatan berikut ini untuk memahami hubungan antara gerak dengan posisi.



Ayo, Berdiskusi!

Gunakan Gambar 2.3 untuk melengkapi Tabel 2.1. Sondang berada di rumah Siti lalu pergi ke toko. (Perhatikan penulisan bentuk vektor).

Tabel 2.1 Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan Posisi Sondang

Kerangka acuan	Posisi Awal	Posisi Akhir	Perubahan Posisi
Rumah Kezia			
Rumah Lanny			
Rumah Tenri			

“Benda bergerak jika posisi awal berbeda dengan posisi akhir.”

Aktivitas 2.1

Perhatikan denah berikut ini. Seorang siswa berjalan dari Puskesmas ke Museum Fisika. Lengkapi Tabel 2.2 untuk menentukan posisi awal, posisi akhir dan perubahan posisi berdasarkan dua titik acuan berbeda.



Gambar 2.4 Denah jalan di suatu kawasan
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tabel 2.2 Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan Posisi Berdasarkan Denah Kawasan

Kerangka acuan	Posisi Awal	Posisi Akhir	Perubahan Posisi
Tugu Kota			
Kantor Pos			



Tahukah Kalian

Dua pesawat, yaitu United Airlines dan US Airways, hampir bertabrakan di landasan pacu Providence, Rhode Island karena cuaca berkabut. Pilot pesawat United Airlines masuk dalam jalur yang salah setelah mendarat. Dalam percakapan dengan pihak ATC ada perbedaan persepsi tentang posisi pesawat karena menggunakan acuan berbeda. Beruntung pilot pesawat US Airways menolak untuk lepas landas karena mendengarkan percakapan pilot United Airlines dengan staf ATC bahwa baru saja ada pesawat kargo lepas landas dengan posisi yang sangat dekat dengannya.



Ayo, Cek Pemahaman!

Apakah seseorang yang mengelilingi lapangan, dimulai pada suatu titik dan kembali ke titik tersebut, dikatakan bergerak? Jelaskan jawaban kalian.

B. Besaran-Besaran Gerak

Kalian akan mendalami besaran-besaran gerak, hubungan antar besaran dalam perumusan gerak dan representasi gerak dengan menggunakan besaran-besaran fisis.

3. Perpindahan dan Jarak



Ayo, Berpikir Kritis!

Helikopter digunakan sebagai sarana transportasi baik di kota metropolitan maupun di pegunungan. Gambar 2.5a menunjukkan sebuah kota yang dipenuhi gedung bertingkat. Gambar 2.5b menunjukkan suatu kawasan pegunungan. Coba kalian bandingkan rute perjalanan dari A ke B dan dari D ke C dengan menggunakan helikopter dan tanpa helikopter. Jelaskan jawaban kalian.



Gambar 2.5a Kota metropolitan
Sumber: Marianna MR/Kemdikbudristek (2022)



Gambar 2.5b Pegunungan
Sumber: Irmawan (2018)

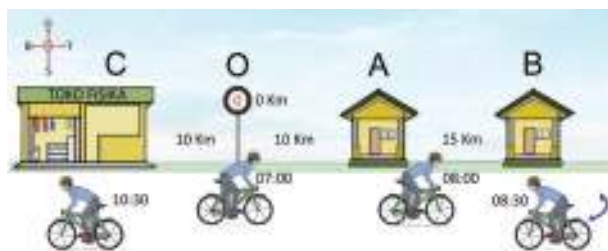
Perhatikan Gambar 2.6. Seekor semut ingin mengambil gula yang jatuh di lantai. Semut melalui lintasan yang berwarna biru. Rute merah merupakan rute terpendek yang dapat dilalui semut karena langsung menghubungkan titik awal dan titik akhir. Rute merah disebut sebagai **perpindahan** atau perubahan posisi awal dan akhir dari semut. Rute biru disebut sebagai **jarak** yaitu panjang lintasan yang dilalui oleh semut.



Gambar 2.6 Rute semut mencari makanan
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

*“Perpindahan adalah perubahan posisi awal dan posisi akhir.
Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh.”*

Bagaimana menentukan jarak dan perpindahan? Perhatikan diagram gerak dalam Gambar 2.7 untuk menentukan jarak dan perpindahan yang dialami oleh seorang pengendara sepeda.



Gambar 2.7 Posisi pengendara sepeda terhadap waktu
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Jarak tempuh = $10 + 15 + 25 + 10 = 60$ km.

Perpindahan = 10 km ke barat.

Aktivitas 2.2

Posisi sepeda dalam Gambar 2.7 dapat dinyatakan dalam grafik posisi terhadap waktu. Lengkapi tabel dan buat grafiknya.

Tabel 2.3 Posisi sepeda terhadap waktu

Lintasa	Waktu Tempuh (Jam)	Posisi (Km)
OA		
AB		
BC		

Jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Bagaimana ciri grafik jika benda bergerak ke arah timur (positif)?
2. Bagaimana ciri grafik jika benda bergerak ke arah barat (negatif)?
3. Apa yang diamati pada grafik jika terjadi perubahan arah gerak benda?
4. Bagaimana bentuk grafik jika posisi benda tetap sama atau benda tidak bergerak?
5. Bagaimana menentukan jarak dan perpindahan dari grafik?



Ayo, Berteknologi!

Gunakan *Microsoft Excel* untuk menggambar grafik dari Aktivitas 2.3.

Karakteristik gerak dapat ditunjukkan oleh grafik posisi terhadap waktu, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8. Apa yang terjadi dengan gerak benda pada titik puncak grafik?

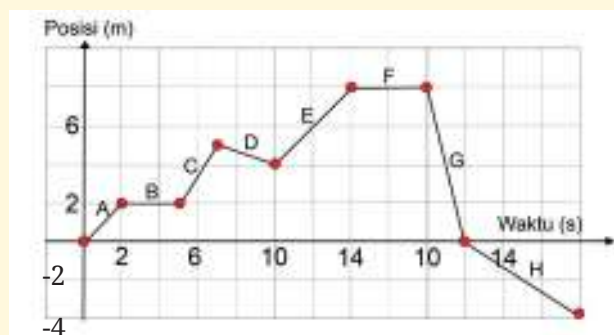


Gambar 2.8 Grafik Posisi terhadap waktu
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Ayo, Berkolaborasi!

Kalian bekerja sama untuk menyelesaikan tugas ini. Perhatikan perjalanan suatu kendaraan yang ditunjukkan oleh grafik posisi terhadap waktu. Grafik terdiri atas beberapa segmen. Untuk keseluruhan perjalanan tentukan jarak dan perpindahan kendaraan. Tentukan arah gerak dan perubahan posisi yang terjadi dalam setiap segmen.



Gambar 2.9 Grafik Posisi terhadap waktu dari suatu kendaraan
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Literasi Finansial

Jembatan Merah Putih terletak di pulau Ambon, membentang di atas teluk Ambon. Perhatikan peta dalam Gambar 2.10. Garis ungu mewakili panjang jembatan yang melintasi teluk.



Gambar 2.10 Peta pulau Ambon
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- Perkirakan jarak tempuh yang dipersingkat dari Galala ke Rumah Tiga dengan menggunakan penggaris dan skala.
- Harga bahan bakar per liter adalah Rp 7650. Perkiraan rata-rata jarak tempuh suatu mobil tertentu adalah 12 km untuk penggunaan 1 liter bahan bakar, hitung penghematan biaya karena jarak tempuh yang lebih pendek.
- Cari informasi banyak kendaraan yang melintasi jembatan Merah Putih setiap hari secara rata-rata. Tentukan penghematan biaya secara rata-rata setiap hari.
- Adakah jalan pintas yang kalian temui di lokasi kalian? Berapa penghematan biaya setiap kali melintasi rute tersebut?

2. Kecepatan dan Kelajuan

Kecepatan (*velocity*) dan kelajuan (*speed*) menyatakan gerak benda. Kecepatan merupakan besaran vektor yang ditentukan oleh perpindahan dan selang waktu yang diperlukan untuk berpindah. Kelajuan merupakan besaran skalar yang ditentukan oleh jarak dan selang waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Perhatikan kedua persamaan berikut ini.

$$\text{Kecepatan rata-rata} = \frac{\text{Perpindahan}}{\text{Selang waktu}} \quad (2.1)$$

$$(2.2)$$

3. Gerak Relatif

Dua orang berbeda melihat seseorang bergerak. Apakah keduanya menyimpulkan hal yang sama tentang gerak suatu benda? Ayo, lakukan kegiatan berikut ini.



Ayo, Berkolaborasi!

Perhatikan Gambar 2.11 . Motor bergerak dengan kecepatan 45 km/jam ke barat dan bis dengan kecepatan 50 km/jam ke barat. Jawablah pertanyaan berikut.

1. Apakah supir bis melihat bahwa ibu yang dibonceng bergerak terhadapnya?
2. Apakah bapak yang membonceng ibu melihat bahwa ibu yang diboncengnya bergerak terhadapnya?



Gambar 2.11 Gerak motor dan bis
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gerak ibu menurut supir bis ternyata berbeda dengan gerak ibu menurut bapak yang memboncengnya. Gerak relatif ibu terhadap bapak berbeda dengan gerak relatif ibu terhadap supir bis.

“Gerak bersifat relatif karena ditentukan oleh kerangka acuan yang mengamati fenomena tersebut.”



Ayo, Cermati!

Untuk memperdalam pemahaman bahwa gerak bersifat relatif, perhatikan ketiga gambar dalam Gambar 2.12 kemudian lengkapi Tabel 2.3 (keadaan b telah diisi sebagai contoh).



Gambar 2.12 Kecepatan pesawat akibat kecepatan udara
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tabel 2.4 Kecepatan Pesawat Terhadap Udara dan Tanah

Keadaan	v pesawat terhadap udara (km/jam)	v pesawat terhadap udara (km/jam)	v pesawat terhadap tanah(km/jam)
a			
b	800 km/jam timur	40 km/jam timur	840 km/jam timur
c			

Jika dikatakan pesawat bergerak dengan kecepatan 800 km/jam maka pertanyaannya terhadap kerangka acuan tanah atau udara. Pada umumnya jika dituliskan kecepatan 20 km/jam, tanpa penjelasan tambahan, maka itu berarti terhadap kerangka acuan tanah.

Kecepatan benda terhadap suatu kerangka acuan yang berbeda sebenarnya merupakan hasil penjumlahan vektor kecepatan.

Jadi,

$$\vec{v}_{pt} = \vec{v}_{pu} + \vec{v}_{ut} \quad (2.3)$$

Dengan :

- \vec{v}_{pt} = kecepatan pesawat terhadap tanah,
- \vec{v}_{pu} = kecepatan pesawat terhadap udara,
- \vec{v}_{ut} = kecepatan udara terhadap tanah.



Ayo, Cermati!

Berdasarkan Gambar 2.11 tuliskan kecepatan supir bis terhadap kecepatan ibu sebagai penjumlahan vektor kecepatan.



Ayo, Berkolaborasi!

Sungai Kapuas, berlokasi di Kalimantan, merupakan sungai terpanjang di Indonesia dengan panjang 1143 km. Kelajuan maksimum arus sungai 1,25 m/s, terhadap tanah. Kota Pontianak dipisahkan sejauh 0,41 km oleh sungai Kapuas. Feri menyeberangi sungai Kapuas dengan kelajuan 1,33 m/s.

Tentukan :

- besar dan arah kecepatan feri terhadap tanah. Kalian dapat menggambarkan penjumlahan vektor dengan menggunakan penggaris dan busur.
- jarak pada tepi sungai yang merupakan perbedaan titik tiba feri karena arus sungai. Gunakan penggaris untuk menentukannya.



Ayo, Berteknologi! (Alternatif)

Penjumlahan dua vektor yang tegak lurus dapat menggunakan tautan dalam *physics*. Pilih menu *vector addition*.



Ayo, Cek Pemahaman!

Jika kecepatan pesawat terhadap udara adalah v_{pu} maka kecepatan udara terhadap pesawat adalah v_{up} . Menurut kalian, bagaimana hubungan antara v_{up} dan v_{pu} .

4. Kecepatan dan Kelajuan Sesaat

Pernahkah kalian mengamati speedometer pada kendaraan bergerak? Selama perjalanan *speedometer* yang berfungsi dengan baik dapat menunjukkan angka-angka yang berbeda. Speedometer ialah alat yang menunjukkan kelajuan kendaraan bermotor pada saat tertentu.



Gambar 2.13 Speedometer menunjukkan kelajuan sesaat pada kendaraan bermotor
Sumber: Kemdikbudristek/Alvius (2022)

Kelajuan sesaat adalah kelajuan pada suatu waktu tertentu atau kelajuan pada suatu titik dari lintasan benda. Kecepatan pada waktu tertentu disebut sebagai kecepatan sesaat.



Gambar 2.14 Rambu Batas Kecepatan Mobil dan Radar Gun
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Rambu batas kecepatan sering dipasang di jalan tol. Arti maksimum 80 km/jam adalah kelajuan sesaat mobil tidak boleh melebihi 80 km/jam. Radar gun adalah suatu alat yang digunakan polisi untuk mendeteksi kelajuan mobil.

5. Kecepatan dan Kelajuan Rata-Rata

Secara matematis kecepatan rata-rata dan kelajuan rata-rata diberikan oleh persamaan berikut.

$$\text{Kecepatan rata-rata} = \frac{\text{Perpindahan}}{\text{Selang waktu}}$$

Jika benda bergerak sepanjang sumbu-x dan posisinya dinyatakan dengan koordinat x persamaannya dapat ditulis:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}}{t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}}$$

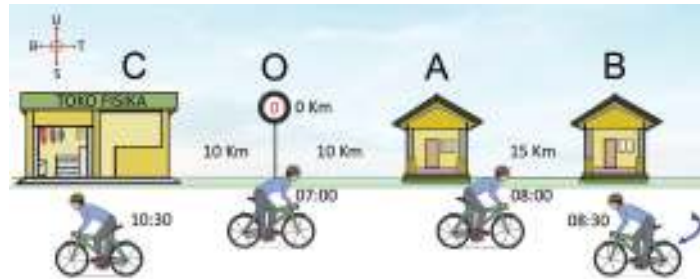
Dengan : \bar{v} = kecepatan rata-rata (m/s),
 $\Delta x = x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}$ = perpindahan (m),
 $\Delta t = t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}$ = selang waktu (s)

$$\text{Kelajuan rata-rata} = \frac{\text{Jarak total}}{\text{selang waktu}}$$

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

Dengan : \bar{v} = kelajuan rata-rata (m/s),
 x = jarak total (m),
 t = selang waktu (s).

Perhatikan kembali Gambar 2.7 yang akan digunakan untuk menunjukkan kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.



Cara menentukan kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata sepeda untuk seluruh perjalanan diberikan berikut ini.

Kelajuan rata-rata adalah

$$\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{10 \text{ km} + 15 \text{ km} + 15 \text{ km} + 10 \text{ km} + 10 \text{ km}}{1 \text{ jam} + 0,5 \text{ jam} + 2 \text{ jam}} = 17,1 \text{ km/jam}$$

Perpindahan adalah -10 km dan waktu total adalah 3,5 jam, maka kecepatan rata-rata adalah

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}}{t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}} = \frac{-10 \text{ km} - 0 \text{ km}}{3,5 \text{ jam}} = -2,86 \text{ km/jam}$$

Tanda negatif menunjukkan arah gerak ke barat.

Aktivitas 2.3

Perhatikan kembali Gambar 2.7. Lengkapi tabel dan buat grafik kecepatan terhadap waktu. Jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Bagaimana ciri grafik jika kecepatan benda berarah positif?
2. Bagaimana ciri grafik jika kecepatan benda berarah negatif?
3. Bagaimana menentukan jarak dan perpindahan dari grafik? (Tinjau berdasarkan per segmen grafik)

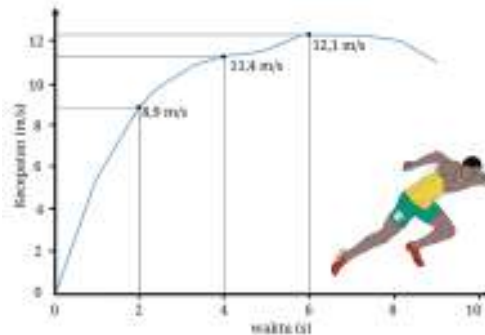


Ayo, Berteknologi! (Opsional)

Gunakan *Microsoft Excel* untuk menggambar grafik dari Aktivitas 2.3.

6. Percepatan

Apa yang dimaksud dengan percepatan? Perhatikan grafik kecepatan terhadap waktu dari Usain Bolt, pelari yang beberapa kali memegang rekor dunia lari 100 m, dalam Olimpiade 2008. Berapa kecepatan maksimum Usain dan berapa lama dia mempertahankannya? Apakah Usain Bolt berlari semakin cepat atau semakin lambat? Pada selang waktu berapa Usain Bolt mengalami perubahan kecepatan dan berapa perubahan kecepatan tersebut?



Gambar 2.15. Grafik kecepatan terhadap waktu dari Usain Bolt
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Ayo, Cermati!

1. Berapa perubahan kecepatan dari $t = 2$ s hingga $t = 4$ s?
2. Berapa perubahan kecepatan dari $t = 4$ s hingga $t = 6$ s?
3. Berapa perubahan kecepatan dari $t = 8,2$ s hingga $t = 8,4$ s?
4. Apakah perubahan kecepatan Usain Bolt selalu sama dalam selang waktu yang sama?

“Percepatan adalah perubahan kecepatan, yaitu selisih kecepatan akhir dengan kecepatan awal, dalam suatu waktu tertentu.”

Secara matematis percepatan ditulis:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$
$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_0}{\Delta t} \quad (2.3)$$

Dengan : \vec{a} = percepatan (m/s^2)
 \vec{v}_0 = kecepatan awal (m/s),
 \vec{v}_t = kecepatan akhir (m/s),
 Δt = selang waktu(s).t

Dari grafik juga terlihat bahwa Usain Bolt tidak selalu berlari makin cepat. Menjelang *finish* Usain Bolt berlari makin lambat. Jika percepatan suatu benda searah dengan kecepatannya atau geraknya, maka gerak benda semakin cepat. Jika percepatan suatu benda berlawanan arah dengan kecepatannya atau geraknya, maka gerak benda semakin lambat.



Ayo, Berpikir Kritis!

Pikirkan suatu situasi dimana kelajuan konstan tetapi kecepatan berubah. (Petunjuk: kecepatan merupakan besaran vektor).



Ayo, Cek Pemahaman!

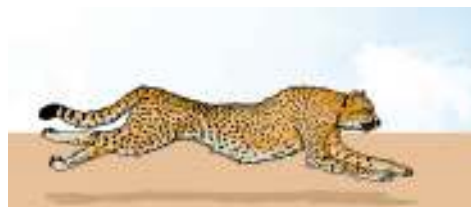


Apakah ketiga mobil mengalami percepatan? Jelaskan jawaban kalian.

Gambar 2.16 Kecepatan mobil pada keadaan yang berbeda
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

C. Gerak Lurus

Lintasan benda yang bergerak merupakan titik-titik yang dilalui oleh benda tersebut. Gerak benda berdasarkan bentuk lintasan dibedakan atas gerak lurus, gerak lengkung (parabola/peluru), dan gerak melingkar. Gerak lurus adalah gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus. Misalnya, gerak pelari cepat atau benda jatuh ke bawah. *Cheetah* merupakan hewan darat yang tercepat di bumi. *Cheetah* terdapat di bagian timur dan selatan Benua Afrika serta Iran di Asia. *Cheetah* dapat mengalami perubahan kelajuan dari 0 km/jam menjadi 120 km/jam dalam waktu 3 detik. Kelajuan 120 km/jam, yang merupakan kelajuan maksimal, hanya dapat dipertahankan selama 30 detik. Setelah itu kelajuannya berkurang.



Gambar 2.17 *Cheetah* sedang berlari
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Ayo, Berdiskusi!

Carilah artikel dan temukan penyebab *cheetah* dapat berlari secepat itu. Selidiki apakah berkaitan dengan struktur alat geraknya atau pernapasannya atau hal lainnya.

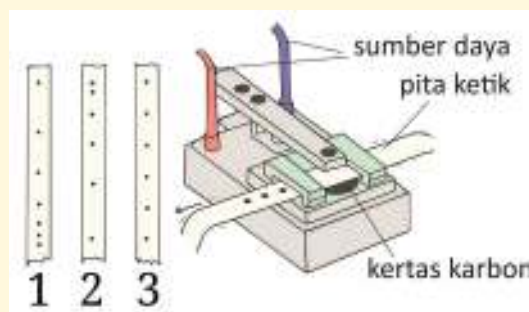
Aktivitas 2.4

Buatlah grafik kecepatan terhadap waktu yang menggambarkan gerak *cheetah*. Informasi tambahan adalah kecepatan *cheetah* berkurang dari 120 km/jam hingga berhenti dalam waktu 40 detik. Selidiki gerak cheetah pada setiap segmen grafik, apa yang terjadi dengan kecepatannya dalam selang waktu tertentu.



Ayo, Berkolaborasi!

Hasil dari percobaan dengan menggunakan *ticker timer*, berupa cetakan titik-titik pada kertas dan susunan peralatan percobaan diberikan dalam Gambar 2.18. Waktu tempuh antara dua titik selalu sama. Pada percobaan kertas dikaitkan pada *trolley* yang bergerak lurus pada suatu lintasan.



Gambar 2.18 Data dari *ticker timer* dan peralatan *ticker timer*
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Analisis hasil percobaan 1, 2 dan 3 dan simpulkan gerak ketiga benda tersebut. Hubungkan dengan kecepatan dan percepatan benda.

Perhatikan grafik yang dibuat berdasarkan Aktivitas 2.4 dan hasil analisis dari Gambar 2.18 untuk menyimpulkan dua jenis gerak lurus. Keduanya adalah gerak lurus dengan kecepatan tetap disebut gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus dengan percepatan tetap disebut gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

1. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Untuk memahami gerak lurus beraturan lakukan Aktivitas 2.5 berikut ini.



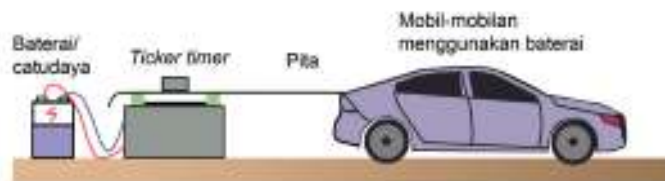
Aktivitas 2.5

Ayo, Berteknologi! (Kegiatan alternatif)

Lakukanlah percobaan secara berkelompok untuk menyelidiki gerak lurus beraturan.

Kegiatan Percobaan

1. Siapkan papan luncur, mobil-mobilan baterai, pewaktu ketik (*ticker timer*), catu daya, pita *ticker timer*, gunting dan kertas grafik.
2. Susun rangkaian percobaan seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Rangkaian percobaan GLB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

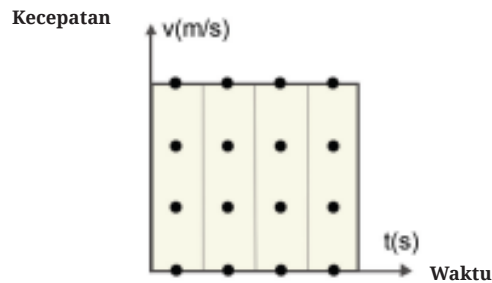
3. Hidupkan catu daya, *ticker timer*, dan mobil-mobilan (usahakan kecepatannya tetap dan bergerak pada lintasan lurus).
4. Setelah 5 detik matikan *ticker timer*, kemudian ambilah pita *ticker timer*. Buanglah beberapa titik hitam pada bagian pita yang paling dekat dengan mobil-mobilan.
5. Potonglah pita dengan setiap potongan berisi 5 ketukan/titik.
6. Susunlah potongan-potongan pita tadi secara berjajar pada kertas grafik.
7. Buatlah grafik $v - t$ untuk gerak mobil-mobilan tersebut!
8. Amatilah grafik tersebut. Diskusikan dalam kelompok dan apa kesimpulan dari percobaan tersebut?

Data hasil ketikan pada pita kertas ticker timer diberikan seperti dalam Gambar 2.20. Selang waktu antara dua titik selalu sama.



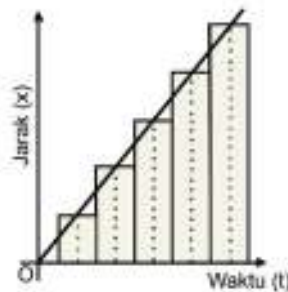
Gambar 2.20 Hasil ketikan *ticker timer* untuk GLB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Hal ini menunjukkan bahwa jarak yang ditempuh mobil-mobilan setiap selang waktu yang sama adalah sama. Garis yang menghubungkan puncak-puncak pita menunjukkan grafik hubungan antara kecepatan (v) terhadap waktu (t) yang berupa garis lurus horizontal.



Gambar 2.21. Grafik (v - t) hasil potongan pita *ticker timer* untuk GLB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Perhatikan Gambar 2.22 yang menunjukkan grafik jarak terhadap waktu untuk GLB.



Gambar 2.22. Grafik (x - t) hasil potongan pita *ticker timer* untuk GLB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gerak lurus beraturan (GLB) didefinisikan sebagai gerak suatu benda dengan kecepatan tetap (besar maupun arahnya). Sebuah mobil yang bergerak dengan kecepatan tetap 50 km/jam menunjukkan bahwa setiap jam mobil itu berpindah sejauh 50 km. Jika selama bergerak arahnya tetap maka dapat dikatakan bahwa setiap jam mobil menempuh jarak sejauh 50 km.

Pada Gerak Lurus Beraturan tidak terdapat kecepatan sesaat karena kecepatan selalu tetap. Kecepatan rata-rata sama dengan kecepatan sesaat. Dapat dituliskan.

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

Untuk posisi awal x_0 pada saat $t = 0$ maka

$$\Delta \vec{x} = x_t - x_0 \text{ dan } \Delta t = t - 0$$

$$x - x_0 = vt$$

$$x = x_0 + vt$$

Pada posisi awal $\Delta \vec{x} = 0$, secara umum hubungan antara perpindahan (Δx) dengan kecepatan (v) dituliskan sebagai berikut.

$$\Delta \vec{x} = \vec{v}t \quad (2.4)$$

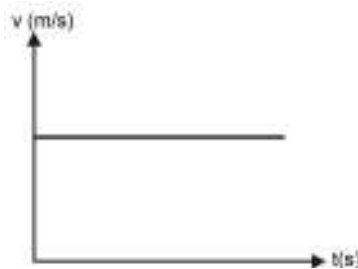
Dengan : $\Delta \vec{x}$ = perpindahan (m),

t = selang waktu (s),

\vec{v} = kecepatan (m/s).

Persamaan (2.4) berlaku juga untuk jarak tempuh dan kelajuan.

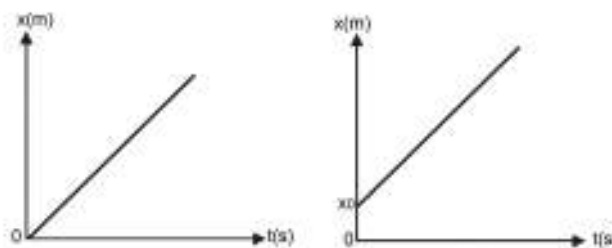
Perhatikan kembali grafik $v - t$ yang menunjukkan gerak dengan kecepatan konstan.



Gambar 2.23. Grafik $v-t$ pada GLB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Perpindahan yang dialami benda yang melakukan gerak lurus beraturan sama dengan luas bidang di bawah kurva kecepatan (v) terhadap waktu (t). Untuk grafik kelajuan terhadap waktu maka jarak yang ditempuh oleh benda yang melakukan gerak lurus beraturan sama dengan luas bidang di bawah kurva kelajuan (v) terhadap waktu (t).

Grafik posisi terhadap waktu (grafik $x - t$) pada GLB akan menghasilkan besar kecepatan yang selalu sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24 (a.) Grafik $x-t$ pada GLB tanpa posisi awal x_0 , (b) Grafik $x-t$ pada GLB dengan posisi awal
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Kemiringan (gradien) grafik menyatakan besar kecepatan benda tersebut. Makin curam kemiringannya makin besar kecepatannya. Kemiringan grafik secara matematis merupakan nilai $\tan \alpha$, α adalah sudut antara garis grafik dengan sumbu t (waktu) atau

$$\tan \alpha = v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



Ayo, Cek Pemahaman!

Dua buah mobil yang terpisah sejauh 75 km bergerak lurus beraturan saling mendekati pada saat yang bersamaan, masing-masing dengan kecepatan 90 km/jam dan 60 km/jam. Kapan dan dimana kedua mobil tersebut berapasan.

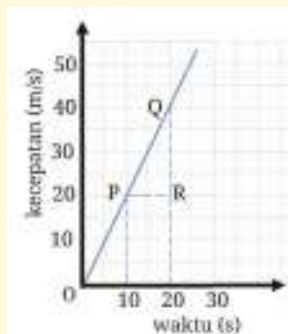
2. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Perhatikan kembali gerak cheetah. Selain gerak lurus beraturan (GLB) cheetah juga mengalami gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Cheetah mengalami perubahan kecepatan secara teratur sehingga geraknya disebut sebagai gerak lurus berubah beraturan. Perubahan kecepatan yang teratur menunjukkan percepatan tetap. GLBB dibedakan atas dua, yaitu GLBB dipercepat dan GLBB diperlambat.



Ayo, Berkolaborasi!

Apa yang dimaksud dengan percepatan tetap? Coba kalian amati grafik pada Gambar 2.25 berikut ini.

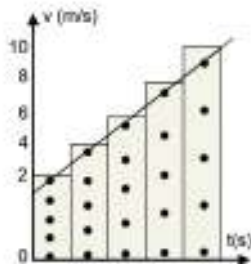


Buktikan percepatan $OP =$ percepatan PQ

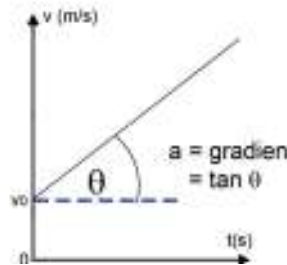
Apakah grafik OQ menunjukkan GLBB?

Gambar 2.25 Grafik kecepatan terhadap waktu pada GLBB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

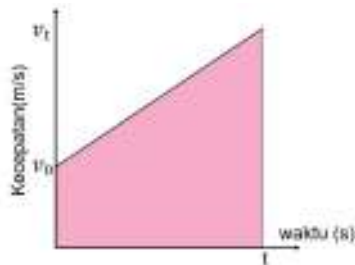
Bagaimana hasil percobaan *ticker timer* yang direkam pada pita kertas *ticker timer* menunjukkan GLBB? Perhatikan Gambar 2.26a. Percepatan merupakan kemiringan dari grafik kecepatan terhadap waktu sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2.26b.



Gambar 2.26a. Grafik (v-t) hasil potongan pita *ticker timer* utk GLBB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Gambar 2.26b. Grafik (v-t) dengan percepatan $a = \tan \theta$
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Gambar 2.27 Menentukan perpindahan
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Bagaimana perumusan untuk perpindahan dan jarak pada GLBB? Kalian dapat menggunakan grafik kecepatan terhadap waktu. Perhatikan Gambar 2.27.

Perpindahan = luas trapesium

$$x = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)t \quad (2.5)$$

Ingat bahwa $v_t = v_0 + at$, substitusikan pada (2.5) sehingga

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}(v_0 + v_0 + at)t \\ x &= v_0t + \frac{1}{2}at^2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dari persamaan 2.6 dan definisi perpindahan $\Delta \vec{x} = x_t - x_0$ diperoleh:

$$x_t = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + v_0 + at)t = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Persamaan ini dapat digunakan untuk mencari kecepatan benda yang berpindah sejauh $\Delta \vec{x}$ dalam waktu t .

Dengan :

- $\Delta \vec{x}$ = perpindahan (m),
- v_0 = kecepatan awal (m/s),
- v_t = kecepatan akhir (m/s),
- a = percepatan (m/s²),
- t = waktu (s).

Perumusan GLBB yang lain diberikan sebagai berikut.

Dari persamaan

$$v_t = v_0 + at \rightarrow t = \frac{v_t - v_0}{a}$$

$$x_t = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = x_0 + v_0 \left(\frac{v_t - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v_t - v_0}{a} \right)^2$$

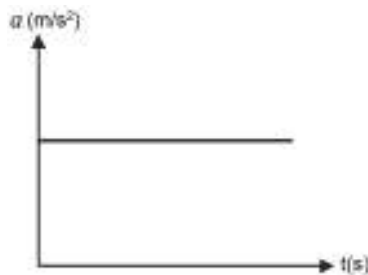
Diperoleh:

$$v_t^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \quad (2.7)$$

Lihat kembali Gambar 2.25 dan tentukan perpindahan selama 20 detik. Gunakan Persamaan 2.5 sehingga diperoleh

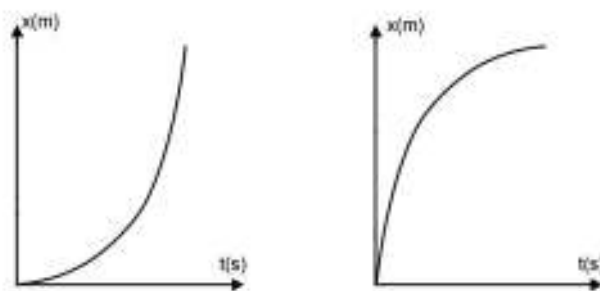
$$x = \frac{1}{2} (v_0 + v_t) t = \frac{1}{2} (0 + 40) \times 20 = 400m$$

Benda yang mengalami GLBB akan memiliki percepatan yang tetap. Grafik percepatan terhadap waktu (grafik $a - t$) digambarkan dengan garis lurus horizontal yang sejajar dengan sumbu waktu (t), seperti pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28. Grafik ($a-t$) untuk GLBB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Grafik perpindahan benda (x) terhadap waktu (t) untuk benda yang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) ditunjukkan seperti pada Gambar 2.29.



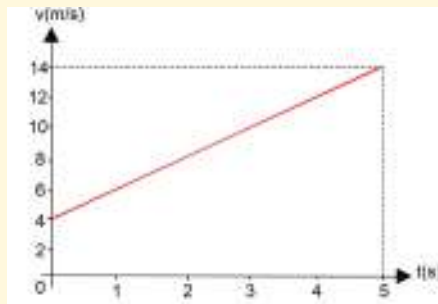
Gambar 2.29. (a) Grafik ($x-t$) untuk GLBB dipercepat (b) Grafik ($x-t$) untuk GLBB diperlambat
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Ayo, Berkolaborasi!

Perhatikan dan gunakan Gambar 2.30 untuk menjawab pertanyaan berikut ini.

- Tentukan kecepatan sebagai fungsi dari waktu. Petunjuk: kalian ingat kembali fungsi linier yang berupa garis lurus.
- Tentukan juga fungsi perpindahan sebagai waktu dengan menggunakan Persamaan 2.5.

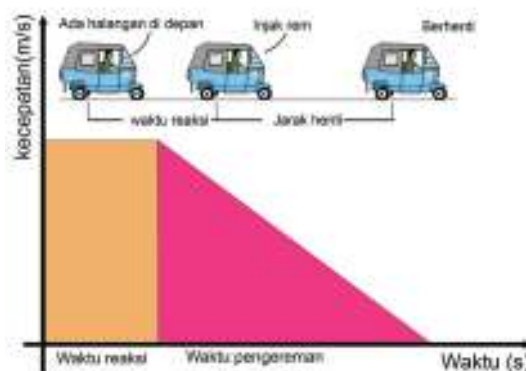


Gambar 2.30 Soal grafik kecepatan terhadap waktu
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

3. Jarak Henti (*Stopping Distance*)

Pemerintah membuat peraturan PP no 43 tahun 1993 pasal 63 bahwa batas kecepatan maksimum di jalan tol dalam kota adalah 80 km/jam dan di luar kota adalah 100 km/jam dan menetapkan harus menjaga jarak aman. Mengapa demikian?

Perhatikan Gambar 2.31.



Gambar 2. 31 Jarak henti kendaraan
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

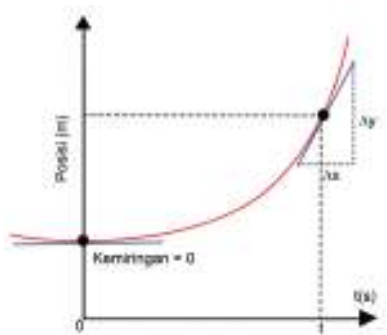
Waktu reaksi adalah waktu yang diperlukan untuk menanggapi informasi yang diterima dari panca indra. Waktu pengereman adalah waktu yang diperlukan untuk membuat kendaraan berhenti.

Aktivitas 2.6

Coba kalian gunakan persamaan 2.6 untuk membuat grafik dari soal cerita GLBB. Mobil yang mula-mula diam mengalami percepatan 2 m/s^2 selama 6 detik. Lengkapi tabel untuk membuat grafik

Tabel 2.4 Posisi terhadap Waktu

Waktu (detik)	Posisi (m)
1	
2	
3	
4	
5	
6	



Gambar 2.32 Kemiringan pada Grafik posisi waktu
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Kalian mendapatkan bahwa grafik berbentuk parabola karena posisi atau perpindahan atau jarak merupakan fungsi kuadrat.

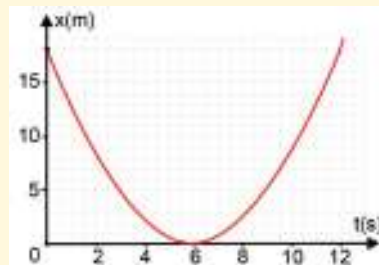
Bagaimana kalian menentukan kecepatan dari grafik posisi terhadap waktu untuk GLBB? Kecepatan merupakan kemiringan grafik pada suatu titik.



Ayo, Berdiskusi!

Perhatikan grafik dalam Gambar 2.33 dan jawab pertanyaan-pertanyaan ini.

- Tentukan posisi sebagai fungsi dari waktu.
- Tentukan besar dan arah kecepatan pada saat waktu $t = 3$ detik
- Tentukan besar dan arah kecepatan pada saat waktu $t = 7$ detik



Grafik 2.33 Grafik Posisi terhadap waktu untuk GLBB
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

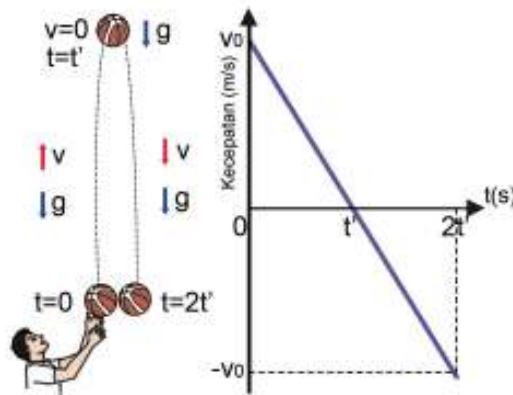


Ayo, Berteknologi! (Alternatif)

Gunakan tautan dalam <https://ophysics.com/k6.html> klik *Kinematics* lalu klik *Uniform Acceleration in One Dimension* untuk mempelajari grafik lebih lanjut.

4. Gerak Vertikal

Lemparkan benda ke atas dan amati gerak yang terjadi pada benda. Gambar 2.34 menunjukkan arah kecepatan dan arah percepatan gravitasi dan Gambar 2.35 menunjukkan grafik yang bersesuaian dengan peristiwa tersebut. Gerak jatuh bebas adalah gerak yang hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi.



Gambar 2.34 Diagram gerak vertikal
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gambar 2.35 Grafik v-t untuk gerak vertikal
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Tahukah Kalian

Liem Swie King, pemain bulutangkis legendaris Indonesia yang menjadi juara dunia, menciptakan teknik *jump smash*.

King melompat untuk mencegat kok dan memukulnya secara keras (*smash*). Teknik ini ditiru dan digunakan oleh pemain bulutangkis lainnya di seluruh dunia. Untuk dapat melompat tinggi diperlukan energi kinetik yang besar karena energi kinetik berubah menjadi energi potensial.



Gambar 2.36 Liem Swie King dengan *jump smash*
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)