

BAB 5

**GERAK LURUS BERATURAN DAN
GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN**

A. Tujuan Umum

Mahasiswa memahami konsep tentang gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan

B. Tujuan Khusus

- Mahasiswa dapat memahami tentang jarak dan perpindahan dari gerak
- Mahasiswa dapat menghitung laju dan kecepatan rata-rata
- Mahasiswa dapat menghitung perlajuan dan percepatan rata-rata
- Mahasiswa dapat memahami tentang gerak lurus beraturan
- Mahasiswa dapat memahami tentang gerak lurus berubah beraturan.

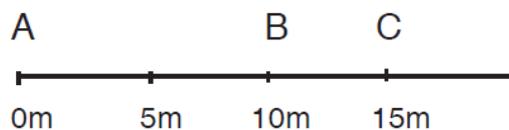
5.1. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Pada akhir kegiatan, diharapkan kita dapat:

1. membedakan pengertian jarak dan perpindahan;
2. membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan;
3. menghitung kelajuan rata-rata suatu benda;
4. menghitung kecepatan rata-rata suatu benda; dan
5. menjelaskan percepatan rata-rata suatu benda.

5.1.1. Jarak dan Perpindahan

Bayangkan kita berada di pinggir jalan lurus dan panjang. Posisi Anda saat itu di A.



Gambar 5.1. Posisi benda dalam sumbu koordinat

Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya Anda di C, Anda membalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B. Pada peristiwa di atas, berapa jauhkah jarak yang Anda tempuh; berapa pula perpindahan Anda? Samakah pengertian jarak dengan perpindahan? Dalam kehidupan sehari-hari kata jarak dan perpindahan digunakan untuk arti yang sama. Dalam Fisika kedua kata itu memiliki arti yang berbeda. Namun sebelum kita membahas hal ini, kita pelajari dulu apa yang dimaksud dengan gerak.

Seorang anak laki-laki berdiri di pinggir jalan, tampak mobil bergerak ke kanan menjauhi anak tersebut. Anak tersebut melambaikan tangan.



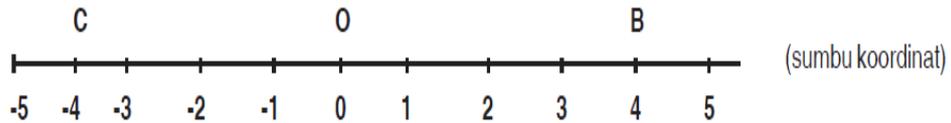
Gambar 5.2 Gerak berarti perubahan posisi benda

Andaikan Anda berada di dalam mobil yang bergerak meninggalkan teman Anda. Dari waktu ke waktu teman Anda yang berdiri di sisi jalan itu semakin tertinggal di belakang mobil. Artinya posisi Anda dan teman Anda berubah setiap saat seiring dengan gerakan mobil menjauhi teman Anda itu.

Suatu benda dikatakan bergerak bila posisinya setiap saat berubah terhadap suatu acuan tertentu.

Apakah Anda bergerak? Ya, bila acuannya teman Anda atau pepohonan di pinggir jalan. Anda diam bila acuan yang diambil adalah mobil yang Anda tumpangi. Mengapa? Sebab selama perjalanan posisi Anda dan mobil tidak berubah. Jadi, suatu benda dapat bergerak sekaligus diam tergantung acuan yang kita ambil. Dalam Fisika gerak bersifat relatif, bergantung pada acuan yang dipilih. Dengan

mengingat hal ini, cobalah Anda cermati uraian di bawah ini. Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat seperti pada Gambar 5.3.

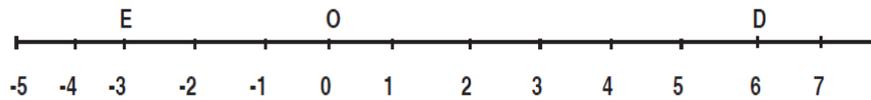


Gambar 5.3. Gerak pada satu sumbu koordinat

Andaikan ada 2 bola yang digulirkan dari 0. Bola 1 digulirkan ke kanan dan berhenti di B. Bola 2 digulirkan ke kiri dan berhenti di C. Anda lihat pada gambar 5.3, bahwa panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua bola sama, yaitu sama-sama 4 satuan. Namun bila diperhatikan arah gerakannya, kedua bola berpindah posisi ke arah yang berlawanan. Bola 1 berpindah ke sebelah kanan O, sedangkan bola 2 ke sebelah kiri O.

Panjang lintasan yang ditempuh disebut jarak, sedangkan perpindahan diartikan sebagai perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya.

Jarak tidak mempersoalkan ke arah mana benda bergerak, sebaliknya perpindahan tidak mempersoalkan bagaimana lintasan suatu benda yang bergerak. Perpindahan hanya mempersoalkan kedudukan, awal dan akhir benda itu. Jarak adalah besaran skala, sedangkan perpindahan adalah vektor. Dua benda dapat saja menempuh jarak (= panjang lintasan) yang sama namun mengalami perpindahan yang berbeda seperti pada contoh ini. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa jarak merupakan besar perpindahan. Bila kemudian ada bola 3 bergerak dari O ke kanan, sampai di D lalu membalik bergerak ke kiri melewati O lalu berhenti di E seperti pada gambar 5.4, bagaimanakah dengan jarak dan perpindahannya?



Gambar 5.4. Perubahan posisi bola 3.

Jarak yang ditempuh bola adalah panjang lintasan $ODE = OD + DE$.

Jadi

$$s = 6 + 9 = 15 \text{ satuan}$$

Perpindahan bola adalah OE (kedudukan awal bola di O, kedudukan akhirnya di E).

Jadi $\Delta s = -3$ satuan.

Perhatikan tanda minus pada Δs . Hal itu menunjukkan arah perpindahan bola ke kiri dari titik acuan. Perlu dicatat pula bahwa dalam contoh di atas perbedaan antara jarak dan perpindahan ditandai baik oleh ada atau tidaknya "arah", tapi juga oleh "besar" kedua besaran itu (jarak = 15 satuan, perpindahan = 3 satuan). Mungkinkah jarak yang ditempuh oleh suatu benda sama dengan besar perpindahannya? Untuk benda yang bergerak ke satu arah tertentu, maka jarak yang ditempuh benda sama dengan besar perpindahannya. Misalnya bila benda bergerak lurus ke kanan sejauh 5 m, maka baik jarak maupun besar perpindahannya sama-sama 5 m.

5.1.2. Kelajuan dan Kecepatan Rata-rata

Fisika membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan. Kelajuan merupakan besaran skalar, sedangkan kecepatan adalah vektor. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu untuk menempuhnya. Dalam bentuk

persamaan, keduanya dapat dituliskan:

$$\boxed{\bar{V} = \frac{s}{\Delta t}} \quad \text{Rata-rata}$$

$$\bar{V} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Persamaan kecepatan
Rata-rata

Keterangan : \bar{V} = laju rata-rata benda (m/s)
 S = jarak yang ditempuh benda (m)
 Δs = perpindahan benda (m)
 Δt = Waktu tempuh (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, kelajuan maupun kecepatan senantiasa berubah-ubah karena berbagai sebab. Misalnya jalanan yang tidak rata. Oleh karenanya kita dapat mengartikan kelajuan dan kecepatan pada dua persamaan di atas sebagai kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.

Contoh:

1. Budi berlari ke timur sejauh 20 m selama 6 s lalu balik ke barat sejauh 8 m dalam waktu 4 s. Hitung kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata Budi !

Penyelesaian

Kelajuan rata-rata

$$v = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$$

$$v = \frac{20 + 8}{6 + 4} = \frac{28}{10}$$

$$= 2,8 \text{ m/s}$$

Kecepatan rata-rata (anggap perpindahan ke Timur bernilai positif, ke Barat negatif).

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{\Delta s}{\Delta t} \\ &= \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} \\ &= \frac{20 - 8}{8 + 4} = \frac{12}{12} \\ &= 1 \text{ m/s}\end{aligned}$$

5.1.3. Perlajuan dan Percepatan rata-rata

Seperti disinggung pada uraian sebelumnya sulit bagi benda-benda untuk mempertahankan dirinya agar memiliki kelajuan yang tetap dari waktu ke waktu. Umumnya kelajuan benda selalu berubah-ubah. Perubahan kelajuan benda dibagi waktu perubahan disebut perlajuan. Persamaannya ditulis sebagai berikut:

Persamaan perlajuan rata-rata.

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

atau $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$ persamaan perlajuan rata-rata

Keterangan :

a = Lajuan rata-rata (m/s²)

v₁ = Laju mula-mula (m/s)

v₂ = Laju akhir (m/s)

Δt = Selang waktu (t)

Istilah lajuan ini jarang digunakan. Seringnya digunakan istilah percepatan. Percepatan diartikan sebagai perubahan kecepatan benda dibagi waktu perubahannya.

Persamaannya ditulis:

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

atau

$$\bar{a} = \frac{\vec{v}_2 \cdot \vec{v}_1}{\Delta t}$$

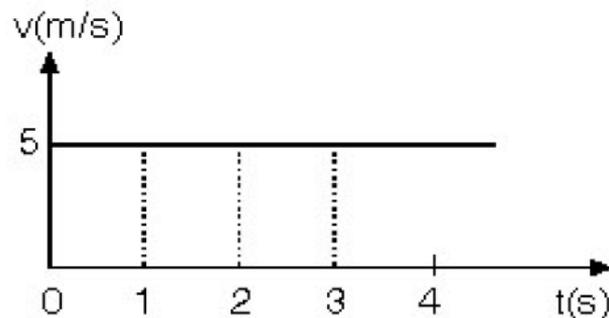
Persamaan percepatan rata-rata.

\bar{a} = percepatan rata-rata (m/s²)
= kecepatan mula-mula (m/s)
= kecepatan akhir (m/s)
 Δt = selang waktu (t)

Tahukah Anda perbedaan antara perlajuan dan percepatan? Ya, benar perlajuan merupakan besaran skalar sedangkan percepatan merupakan besaran vektor.

5.1.4. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak lurus beraturan (GLB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan kecepatan tetap. Untuk lebih memahaminya, perhatikan grafik berikut.



Gambar 5.5. Grafik v – t untuk GLB.

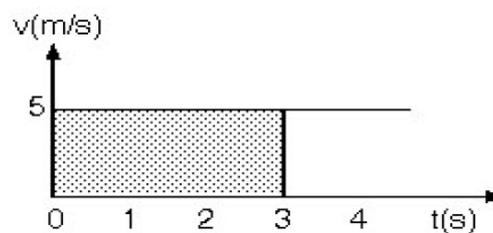
Grafik di atas menyatakan hubungan antara kecepatan (v) dan waktu tempuh (t) suatu benda yang bergerak lurus. Berdasarkan

grafik tersebut cobalah Anda tentukan berapa besar kecepatan benda pada saat $t = 0$ s, $t = 1$ s, $t = 2$ s, $t = 3$ s?

Ya!, benar! Tampak dari grafik pada gambar 3.5, kecepatan benda sama dari waktu ke waktu yakni 5 m/s.

Semua benda yang bergerak lurus beraturan akan memiliki grafik $v - t$ yang bentuknya seperti gambar 6 itu. Sekarang, dapatkan Anda menghitung berapa jarak yang ditempuh oleh benda dalam waktu 3 s?

Anda dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva bila diketahui grafik ($v - t$)



Gambar 5.6. Menentukan jarak dengan menghitung luas dibawah kurva.

Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada grafik $v - t$

Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada grafik $v - t$

5.2. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Pada akhir kegiatan diharapkan Anda dapat :

1. menuliskan pengertian gerak lurus berubah beraturan
2. menuliskan pengertian 3 persamaan GLBB dengan benar;
3. menghitung besar kecepatan akhir suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan;

4. menghitung besar percepatan suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) dari grafik $v - t$; dan
5. menghitung jarak yang ditempuh oleh benda yang bergerak lurus berubah beraturan.

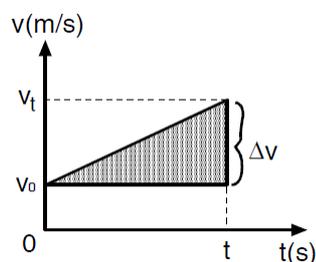
5.2.1. Konsepsi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan tetap. Jadi, ciri utama GLBB adalah bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lama semakin cepat.

Dengan kata lain gerak benda dipercepat. Namun demikian, GLBB juga dapat berarti, bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lambat hingga akhirnya berhenti. Dalam hal ini benda mengalami perlambatan tetap. Dalam modul ini, kita tidak menggunakan istilah perlambatan untuk gerak benda diperlambat. Kita tetap saja, menamakannya percepatan, hanya saja nilainya negatif. Jadi perlambatan sama dengan, percepatan negatif.

Contoh sehari-hari GLBB dipercepat adalah peristiwa jatuh bebas. Benda jatuh dari ketinggian tertentu di atas. Semakin lama benda bergerak semakin cepat.

Kini, perhatikanlah gambar 3.7 di bawah yang menyatakan hubungan antara kecepatan, (v) dan waktu (t) sebuah benda yang bergerak lurus berubah beraturan dipercepat.



Gambar 5.7. Grafik $v - t$ untuk GLBB dipercepat

Besar percepatan benda,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

dalam hal ini,

$$\begin{aligned}v_1 &= v_0 \\v_2 &= v_t \\t_1 &= 0 \\t_2 &= t\end{aligned}$$

sehingga,

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t}$$

Atau

kita dapatkan

$$v_t = v_0 + a.t$$

Persamaan kecepatan GLBB

$$\begin{aligned}v_0 &= \text{kecepatan awal (m/s)} \\v_t &= \text{kecepatan akhir (m/s)} \\a &= \text{percepatan (m/s}^2\text{)} \\t &= \text{selang waktu (s)}\end{aligned}$$

Perhatikan bahwa selama selang waktu t (pada kegiatan lalu kita beri simbol (t)), kecepatan, benda berubah dari v_0 menjadi v_t sehingga kecepatan rata-rata benda dapat dituliskan:

$$v = \frac{v_0 - v_t}{2}$$

$$v_t = (v_0 + a.t), \text{ maka}$$

$$v = \frac{v_0 + (v_0 + a.t)}{2}$$

$$= \frac{2 v_0 + a.t}{2}$$

Kita tahu bahwa kecepatan rata-rata

$$v = \frac{s}{t}, \text{ maka:}$$

$$\frac{s}{t} = \frac{2 v_0}{2} + \frac{a.t}{2}$$

atau

$$\boxed{s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2} \quad \text{Persamaan jarak GLBB}$$

s = jarak yang ditempuh (m)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

a = percepatan (m/s^2)

t = selang waktu (s)

Ulangi lagi penalaran di atas agar Anda benar-benar memahaminya.

Bila sudah, mari kita lanjutkan!

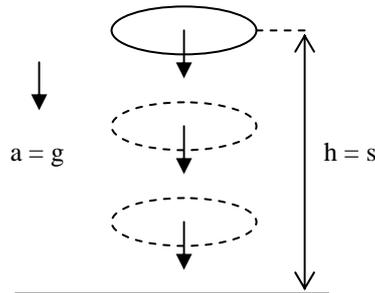
Bila dua persamaan GLBB di atas kita gabungkan, maka kita akan dapatkan persamaan, GLBB yang ketiga (kali ini kita tidak lakukan penalarannya). Persamaan ketiga GLBB, dapat dituliskan:

$$\boxed{v_t^2 = v_0^2 + 2 a s} \quad \text{Persamaan kecepatan sebagai fungsi jarak}$$

5.3. Contoh-Contoh Gerak Lurus Berubah Beraturan

5.3.1. Jatuh Bebas

Pada jatuh bebas ketiga persamaan GLBB dipercepat yang kita bicarakan pada kegiatan sebelumnya tetap berlaku, hanya saja v_0 kita hilangkan dari persamaan karena harganya nol dan lambang s pada persamaan-persamaan tersebut kita ganti dengan h yang menyatakan ketinggian dan a kita ganti dengan g .



Gambar 5.8 Benda jatuh bebas mengalami percepatan yang besarnya sama dengan percepatan gravitasi

Jadi, ketiga persamaan itu sekarang adalah:

<ol style="list-style-type: none">1. $v_t = g.t$2. $h = \frac{1}{2} g.t^2$3. $v_t = \sqrt{2gh}$
--

Persamaan-persamaan jatuh bebas

Keterangan: g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 h = ketinggian benda (m)
 t = waktu (s)
 v_t = kecepatan pada saat t (m/s)

Perhatikan persamaan jatuh bebas yang kedua.

Bila ruas kiri dan kanan sama-sama kita kalikan dengan 2, kita dapatkan:

$$h = \frac{1}{2} g.t^2$$

Atau

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

sehingga,

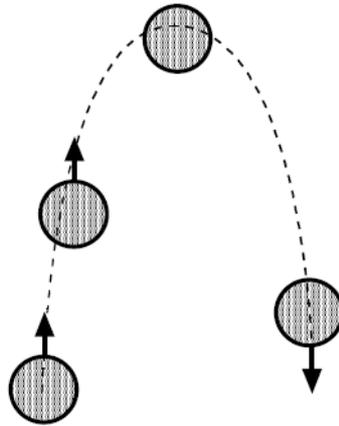
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Persamaan waktu jatuh benda jatuh bebas

dari persamaan waktu jatuh, terlihat bahwa waktu jatuh benda bebas hanya dipengaruhi oleh dua faktor yaitu h = ketinggian dan g = percepatan gravitasi bumi. Jadi berat dan besaran-besaran lain tidak mempengaruhi waktu jatuh. Artinya meskipun berbeda beratnya, dua benda yang jatuh dari ketinggian yang sama di tempat yang sama akan jatuh dalam waktu yang bersamaan. Dalam kehidupan kita sehari-hari mungkin kejadiannya lain. Benda yang berbeda beratnya, akan jatuh dalam waktu yang tidak bersamaan. Hal ini dapat terjadi karena adanya gesekan udara. Percobaan di dalam tabung hampa udara membuktikan bahwa sehelai bulu ayam dan satu buah koin jatuh dalam waktu bersamaan.

5.3.2. Gerak Vertikal Ke Atas

Lemparkan bola vertikal ke atas, amati gerakannya. Bagaimana kecepatan bola dari waktu ke waktu! Selama bola bergerak ke atas, gerakan bola melawan gaya gravitasi yang menariknya ke bumi. Akhirnya bola bergerak diperlambat. Akhirnya setelah mencapai ketinggian tertentu yang disebut tinggi maksimum, bola tak dapat naik lagi. Pada saat ini kecepatan bola nol. Oleh karena tarikan gaya gravitasi bumi tak pernah berhenti bekerja pada bola, menyebabkan bola bergerak turun. Pada saat ini bola mengalami jatuh bebas, bergerak turun dipercepat.



Gambar 5.9. Bola dilembarkan vertikal ke atas

Jadi bola mengalami dua fase gerakan. Saat bergerak ke atas bola bergerak GLBB diperlambat ($a = g$) dengan kecepatan awal tertentu lalu setelah mencapai tinggi maksimum bola jatuh bebas yang merupakan GLBB dipercepat dengan kecepatan awal nol. Dalam hal ini berlaku persamaan-persamaan GLBB yang telah kita pelajari

Pada saat benda bergerak naik berlaku persamaan :

1. kecepatan	: $v_t = v_0 - g t$
2. tinggi	: $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$
3. kecepatan	: $v_t^2 = v_0^2 - 2 g h$

Persamaan gerak vertikal ke atas

- v_0 = kecepatan awal (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- t = waktu (s)
- v_t = kecepatan akhir (m/s)
- h = ketinggian (m)

Sedangkan pada saat jatuh bebas berlaku persamaan-persamaan gerak jatuh bebas yang sudah kita pelajari

5.3.3. Gerak Vertikal Ke Bawah

Berbeda dengan jatuh bebas, gerak vertikal ke bawah yang dimaksudkan adalah gerak benda-benda yang dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal tertentu. Jadi seperti gerak vertikal ke atas hanya saja arahnya ke bawah. Sehingga persamaan-persamaannya sama dengan persamaan-persamaan pada gerak vertikal ke atas, kecuali tanda negatif pada persamaan-persamaan gerak vertikal ke atas diganti dengan tanda positif. Sebab gerak vertikal ke bawah adalah GLBB yang dipercepat dengan percepatan yang sama untuk setiap benda yakni g .

Jadi,

$$\begin{array}{l} 1. v_t = v_0 + g t \\ 2. h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \\ 3. v_t^2 = v_0^2 + 2 g h \end{array}$$

Persamaan-persamaan gerak vertikal ke bawah

Bila Anda berkesimpulan bahwa gerak vertikal ke bawah ini sama dengan gerak GLBB pada arah mendatar, Anda benar. Beda antara keduanya adalah bahwa pada gerak vertikal ke bawah benda selalu dipercepat, sedangkan gerak GLBB pada arah mendatar dapat pula diperlambat. Selain itu pada gerak vertikal ke bawah besar percepatan selalu sama dengan percepatan gravitasi g . Sedangkan percepatan pada GLBB arah mendatar dapat berharga berapa saja. Bila Anda telah memahami uraian pada kegiatan 3 ini, berarti secara keseluruhan Anda sudah memahami modul ini

Persamaan GLBB.

1. Pada lintasan datar.

$$v_t = v_0 + a.t$$

$$s = v_0 t + 1/2 a.t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 a.s$$

2. Pada lintasan vertikal.

a. Gerak vertikal ke atas:

$$1. v_t = v_0 - g.t$$

$$2. h = v_0 t - 1/2 g.t^2$$

$$3. v_t^2 = v_0^2 - 2 g.h$$

b. Jatuh bebas:

$$1. v_t = g.t$$

$$2. h = 1/2 g.t^2$$

$$3. v_t^2 = 2 g.h$$

$$4. t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

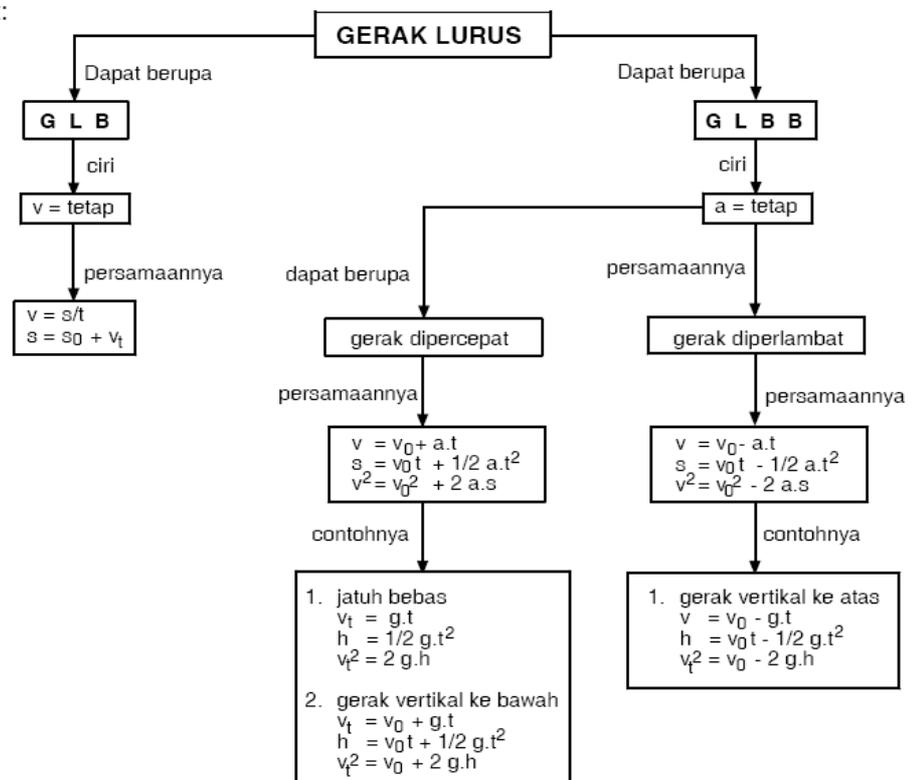
c. Gerak vertikal ke bawah.

$$1. v_t = v_0 + g.t$$

$$2. h = v_0 t + 1/2 g.t^2$$

$$3. v_t^2 = v_0^2 + 2 g.h$$

Dalam bentuk peta konsep, Kinematika Gerak Lurus yang Anda pelajari adalah sebagai berikut:



Referensi :

1. Giancoli, Douglas C., 2001, *Fisika Jilid I (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
2. Halliday dan Resnick, 1991, *Fisika Jilid I, Terjemahan*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
3. Tipler, P.A.,1998, *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
4. Young, Hugh D. & Freedman, Roger A., 2002, *Fisika Universitas (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga