Pembelajaran 3. GERAK LURUS

Sumber. Modul Pendidikan Profesi Guru

Modul 1. Kinematika

Penulis ; Drs. Tarsisius Sarkin, M.Ed., Ph.D.

A. Kompetensi

1. Menjelaskan penerapan hukum-hukum fisika dalam teknologi terutama yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.
2. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika serta penerapannya secara fleksibel.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mengidentifikasi perbedaan gerak lurus dengan kecepatan tetap dan gerak lurus dengan percepatan tetap
2. Menerapkan konsep posisi, jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan dan percepatan
3. Menyelidiki hubungan antar variabel pada gerak lurus dengan kecepatan tetap dan gerak lurus dengan percepatan tetap
4. Menganalisis besaran-besaran fisis pada gerak lurus dengan kecepatan konstan dan gerak lurus dengan percepatan konstan.

C. Uraian Materi

Gerak merupakan fenomena keseharian yang kita alami dan kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Apakah dalam satu hari ini Anda sudah melakukan gerak? Gerak yang dimaksud tidak hanya aktivitas yang kita lakukan saja, namun termasuk benda-benda yang ada di sekitar kita, selama benda tersebut melakukan gerak.

Gambar 27. beberapa contoh gerak

Gerak merupakan perubahan posisi (kedudukan) suatu benda terhadap sebuah acuan tertentu. Perubahan letak benda dilihat dengan membandingkan letak benda tersebut terhadap suatu titik yang diangggap tidak bergerak (titik acuan), sehingga gerak memiliki pengertian yang relative atau nisbi.

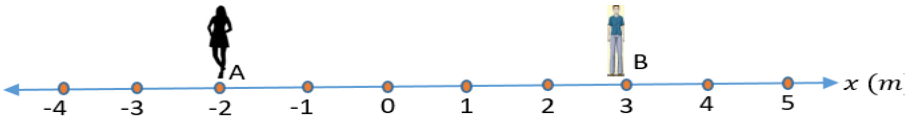
Studi mengenai gerak benda, konsep-konsep gaya, dan energi yang berhubungan, membentuk suatu bidang, yang disebut *mekanika*. Mekanika dibagi menjadi dua bagian, yaitu kinematika dan dinamika. *Kinematika* adalah ilmu yang mempelajari gerak benda tanpa meninjau gaya penyebabnya. Pada bagian ini, Saudara mulai dengan membahas benda yang bergerak tanpa berotasi (berputar). Gerak seperti ini disebut gerak translasi. Pada bagian ini saudara juga akan membahas penjelasan mengenai benda yang bergerak pada jalur yang lurus, yang merupakan gerak satu dimensi. Hal-hal yang akan dipelajari pada unit ini adalah gerak satu dimensi untuk benda yang bergerak lurus dengan kecepatan tetap dan bergerak lurus dengan percepatan tetap.

1. Posisi, jarak, perpindahan, kelajuan dan kecepatan

Posisi merupakan konsep yang sangat penting bukan hanya dalam fisika tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari. Apabila kita menelpon atau berkomunikasi melalui pesan tertulis dengan seseorang, sangat sering kita bertanya: “Posisi Anda di mana?” Manusia akan merasa bingung dan tertekan apabila tidak mengetahui sedang berada di mana. Pada zaman sekarang, posisi seseorang atau sesuatu di alam semesta sudah sangat mudah ditentukan dengan adanya teknologi *Global Positioning System* (GPS).

Lokasi keberadaan suatu benda disebut posisi. Ada berbagai cara untuk menyatakan posisi suatu benda. Di dalam pembahasan ini, posisi benda dinyatakan dengan menggunakan sistem koordinat Cartesius tegak, dan karena topik yang dibahas adalah Gerak Lurus, maka sistem koordinat Cartesian yang

dipergunakan adalah sistem satu dimensi, bisa sumbu X, atau sumbu Y, atau bisa pula sumbu Z.



Gambar 28. Posisi berbeda dalam garis horizontal

Dari gambar diatas, terlihat bahwa posisi A berada pada x = -2 m, sedangkan posisi B ada di x = 3 m. Atau dapat pula dikatakan bahwa posisi A adalah 2 m disebelah kiri titik acuan 0, posisi B berada pada jarak 3 m dari sebelah kanan titik acuan 0. Atau dapat pula dikatakan bahwa A berada di sebelah kiri (dari arah pembaca) B sejauh 5 m.

Dengan cara yang sama, kita dapat pula menentukan posisi vertical suatu benda berdasarkan titik acuan yang telah ditentukan. Bila titik acuannya adalah 0 (pusat koordinat), maka posisi benda yang berada diatas titik acuan adalah positif dan yang berada di bawah titik acuan adalah negative (karena berada di sumbu y negative).

Contoh :

Seseorang menempuh perjalanan dari Yogyakarta sejauh 35 km ke Magelang. Sementara itu, ada juga orang lain yang menempuh perjalanan dari Magelang sejauh 35 km sampai ke Yogyakarta.

Contoh :

Sebuah obyek bergerak sepanjang lintasan lengkung berbentuk setengah lingkaran dengan jari-jari 5 m dari A ke B. Jarak yang ditempuh olah obyek tersebut adalah setengah dari keliling lingkaran dengan jari-jari.

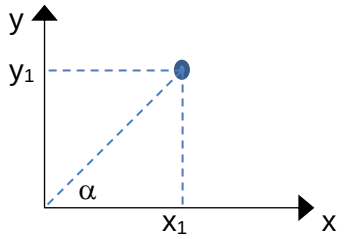
Posisi diartikan sebagai jarak suatu benda pada waktu tertentu terhadap acuan. Posisi dapat dinyatakan dalam bentuk koordinat kartesius $\vec{r}(x, y)$ dan besarnya $|\vec{r}|$, jika hanya dinyatakan dalam dua komponen kartesian, maka vector dapat dituliskan :

$$\vec{r} = xi + yj \;\rightarrow\; |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Sedangkan arahnya dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\alpha = tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

Keterangan gambar mengenai penjelasan diatas, dapat diilustrasikan pada gambar 3.3.

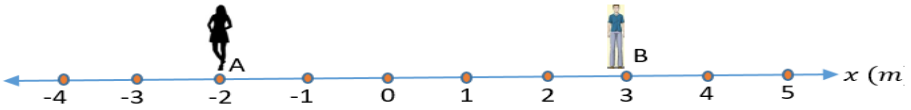


Gambar 29

Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan posisi benda dari posisi awal ke posisi akhir. Perpindahan direpresentasikan dengan lambing Δ***r*** untuk gerak dua dimensi atau Δ*x* jika geraknya satu dimensi pada sumbu *x* saja. Besarnya perpindahan dapat dihitung dengan cara vektor,Δ***r*** = ***r***2 – ***r***1 atau Δ***x*** = ***x***2 – ***x***1 untuk gerak satu dimensi. Perpindahan harus dapat mengandung dua unsur, yaitu panjang dan arah.

Contoh :

Perhatikan Kembali gambar berikut ini.

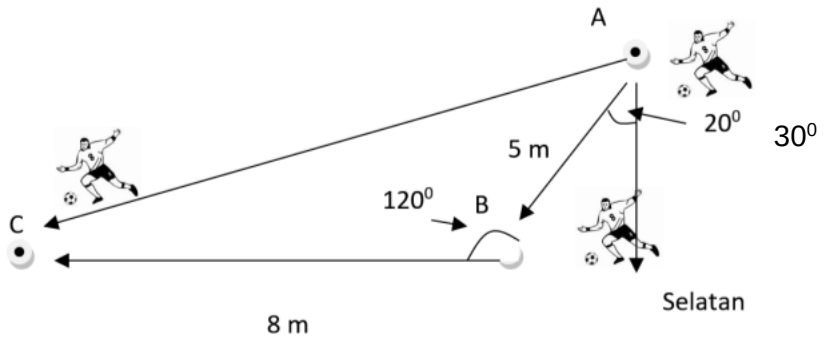


Gambar 30.

Apabila A dan B bertukar posisi, untuk bertukar posisi tersebut masing-masing menjalani perpindahan yang berbeda. Orang A berpindah sejauh 5 m, diperoleh dari 3m - (-2m) = 5m. Sedangkan orang B berpindah sejauh -2m – 3 m = -5 m. Tanda positif (+) pada perpindahan A menunjukkan bahwa A berpindah ke kanan dann tanda negatif (-) pada perindahan B menunjukkan bahwa B berpindah ke kiri.

Contoh :

Seorang pemain sepakbola, dalam waktu 10 sekon melakukan pergerakan di lapangan sepakbola dari A ke B kemudian ke C seperti ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 31.

Pada permainan sepak bola di atas, jarak yang ditempuh oleh pemain dari A ke C adalah (5 + 8) m=13m.

Sementara itu, bila kita ingin mencari perpindahan pemain dari A ke C, maka harus dihitung dengan menggunakan vektor dengan memperhitungkan sudut lintasan dari A ke B dan ke C. Andaikan sudut belokan di B adalah 120^0, maka perpindahan pemain bola adalah:

$$r_{AC} = \sqrt{5^2 + 8^2 - 2.5.8.\cos 120^0} = 11{,}58\ m$$

Arah perpindahan pada contoh di atas dapat dinyatakan dengan sudut, misalnya sudut terhadap arah selatan.

Apabila hasil perhitungan sudut antara garis perpindahan dengan garis yang menunjuk ke arah selatan adalah β, maka rumusan lengkap dari perpindahan pemain bola pada contoh di atas adalah: Pemain bola berpindah sejauh 11,36 m dengan membentuk sudut β terhadap arah selatan. Perpindahan suatu benda harus memuat panjang dan arah dari perpindahan itu. Jarak dan perpindahan merupakan dua besaran yang kelihatannya memiliki makna yang sama,namun sebenarnya berbeda.

Sedangkan **jarak** adalah Panjang lintasan yang ditempuh benda selama bergerak. Perpindahan besaran vektor dan jarak adalah besaran skalar.

2. Kelajuan dan Kecepatan

Pada bagian awal pembahasan tentang Gerak Lurus telah dibahas konsep-konsep dasar posisi, jarak dan perpindahan. Telah dipelajari pula bahwa suatu benda dinyatakan berpindah apabila dalam selang waktu tertentu posisi benda berubah terhadap acuan tertentu.

Para fisikawan selalu berusaha mendeskripsikan keadaan suatu benda dengan suatu besaran tertentu. Kecepatan merupakan besaran yang mendeskripsikan keadaan gerak benda. Dengan mencermati besaran kecepatan suatu benda pada suatu saat tertentu, dapat diketahui apakah suatu benda bergerak atau tidak dan bergeraknya ke mana. Selain itu apabila pencermatan terhadap kecepatan benda dilakukan dalam selang waktu tertentu maka dapat diketahui apakah benda yang diamati bergerak makin cepat atau makin lambat.

Saat Anda mengendarai kendaraan, tentunya sesekali pandangan mata Anda akan melihat ke spidometer kendaraan Anda.

Gambar 32. Penunjukkan Spedometer (inews.id)

Jarum spidometer akan menunjukkan pada angka tertentu Ketika kendaraan Anda bergerak. Angka yang ditunjukkan oleh spidometer tersebut, misalnya 110 km/jam adalah nilai kecepatan yang dimiliki kendaraan tersebut. Karena hanya menunjukkan nilai saja, maka angka yang ditunjukkan oleh jarum spidometer merupakan kelajuan. Secara matematis, kelajuan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\bar{v} = \frac{jarak\ total}{waktu\ total} = \frac{\sum x}{\sum t}\ m/s$$

Lain halnya bila ada seseorang yang berada di pinggir jalan memperhatikan kendaraan yang bergerak melewatinya, maka ia akan mengetahui kemana arah kendaraan tersebut bergerak. Apabila orang tersebut memegang alat pendeteksi kecepatan, maka selain nilai kecepatan dapat diperoleh, ia pun akan mengetahui kemana arah gerak kendaraan. Perhatikan gambar berikut.

Gambar 33. Polisi pantau kecepatan

Petugas kepolisian dengan alat pendeteksi kecepatan, akan memperoleh informasi nilai kecepatan dan arah gerak kendaraan. Dari kegiatan ini, maka informasi mengenai kecepatan kendaraan dapat diperoleh.

Kecepatan suatu kendaraan, tentunya tidak akan dapat konstan bila kendaraan tersebut melaju dalam situasi lalu lintas di perkotaan. Bahkan seorang pembalap pun tidak akan dapat menjaga kecepatan kendaraannya tetap konstan dalam sirkuit, karena dia akan melakukan percepatan atau perlambatan pada kendaraannya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai kecepatan yang bisa dijadikan sebagai acuan untuk kendaraan yang selalu berubah kecepatannya diperlukan besaran kecepatan yang lain, yaitu kecepatan rata-rata. Kecepatan rata-rata suatu benda dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

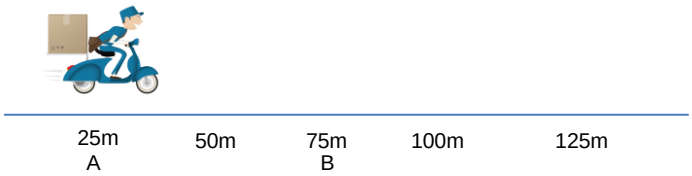
$$kecepatan\ rata - rata = \frac{perpindahan}{waktu}$$

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

Karena perpindahan adalah besaran vector dan waktu adalah besaran scalar, maka kecepatan rata-rata merupakan besaran vector, sehingga memiliki nilai dan arah

Contoh :

Seorang pengendara sepeda motor berpindah dari A ke B dalam waktu 4 sekon.



Gambar 34.

Kecepatan rata-rata : $v = \frac{(75-25)}{4} = 12{,}5\ m/s$

Bila orang tersebut kembali ke titik A dalam waktu 5 sekon, maka kecepatan rata-rata yang dimilikinya menjadi : $v = \frac{(25-75)}{5} = -10\ m/s$

Berdasarkan dua kondisi diatas, maka diperoleh informasi bahwa arah gerak pengendara motor akan terlihat dari nilai kecepatan rata-ratanya yang bernilai positif atau negative. Nilai kecepatan menyatakan seberapa cepat benda itu bergerak. Nilai kecepatan yang besar berarti dalam waktu singkat menempuh jarak yang panjang/jauh sedangkan nilai kecepatan yang kecil menunjukkan bahwa jarak yang ditempuhnya dalam selang waktu yang sama lebih pendek.
Istilah yang sering dipakai untuk menyatakan nilai kecepatan adalah kelajuan. Karena hanya menyatakan nilai dari kecepatan dan tidak memiliki arah, maka kelajuan merupapan besaran vektor. Dalam bahasa Inggris, kejaluan disebut ***speed***, sedangkan kecepatan disebut ***velocity***.

Apabila dinyatakan secara matematis, maka kecepatan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\vec{v} = \frac{perpindahan}{waktu} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\ m/s$$

3. Percepatan

Percepatan rata-rata ($\bar{a}$) didefinisikan sebagai perubahan kecepatan dibagi waktu yang diperlukan untuk perubahan tersebut, maka:

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}\ m/s^2$$

Dimana: *v*1 = kecepatan awal,
*v*2 = kecepatan akhir,
*t*1 = waktu saat kecepatan awal,
*t*2 = waktu saat kecepatan akhir.

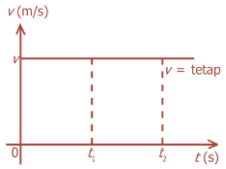
Percepatan juga termasuk besaran vektor, tetapi untuk gerak satu dimensi kita hanya perlu menggunakan tanda positif (+) atau negatif (-) untuk menunjukkan arah relatif terhadap koordinatnya.

4. Gerak Lurus Beraturan

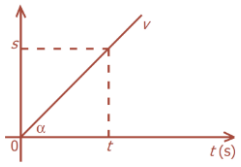
Suatu benda dikatakan mengalami gerak lurus beraturan jika lintasan yang ditempuh oleh benda itu berupa garis lurus dan kecepatannya selalu tetap setiap saat. Sebuah benda yang bergerak lurus menempuh jarak yang sama untuk selang waktu yang sama. Persamaan matematis untuk gerak lurus beraturan dinyatakan sebagai :

$$\vec{v} = \frac{perpindahan}{waktu} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\ m/s$$

Gerak lurus beraturan dapat diilustrasikan dalam bentuk grafik v-t dan x-t, berupa garis lurus, tampak pada gambar berikut.



Gambar 35. Grafik v-t



Gambar 36. grafik x-t

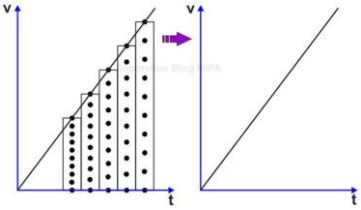
Grafik yang diperoleh dari v terhadap t merupakan suatu garis lurus horizontal yang menunjukkan bahwa nilai kecepatan tetap untuk tiap sekonnya. Grafik yang diperoleh dari jarak terhadap waktu, merupakan garis lurus diagonal. Ini berarti bahwa untuk benda yang sudah bergerak memiliki kecepatan tetap sebesar v, maka jaraknya akan bertambah seiring dengan pertambahan waktu.

5. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus yang memiliki kecepatan berubah secara beraturan disebut gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Benda yang bergerak berubah beraturan dapat dipercepat atau diperlambat. Perubahan kecepatan yang dialami benda sifatnya konstan pada setiap selang waktu atau dengan kata lain percepatannya konstan.

Lebih rinci mengenai hubungan antar variabel, grafik, dan contoh GLBB lainnya dijelaskan sebagai berikut.

Percepatan tetap yang dimiliki benda, mengakibatkan kecepatan benda meningkat seperti hasil yang diperoleh dari percobaan menggunakan *ticker timer* berikut.



Gambar 37. Hasil ticker time untuk benda dengan percepatan

Titik-titik dalam pita ketik akan menunjukkan pola yang makin lama makin renggang akibat pita tertarik makin cepat seperti ditunjukkan Gambar. Untuk mendapatkan percepatan tetap yang dapat dipastikan, maka percobaan menggunakan ticker timer dapat dilakukan untuk benda yang bergerak jatuh bebas atau meluncurkan troli pada bidang miring. Bila menggunakan troli, maka gesekan dengan bidang miring harus seminimal mungkin agar mendapatkan pembacaan ticker timer yang akurat.

Apabila diterapkan ke dalam keadaan umum di mana kecepatan mula-mula benda v_0 dan kecepatan benda setelah bergerak selama t sekon berubah menjadi v_t, maka percepatan rata-rata benda dapat ditulis:

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

Sehingga diperoleh persamaan :

$$v_t = v_o + at$$

Kecepatan rata-rata untuk benda yang bergerak lurus berubah beraturan dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Pada gerak lurus beraturan berlaku persamaan : $x = x_0 + vt$

$$x = x_0 + \left(\frac{v_t + v_0}{2}\right)t$$

$$x = x_0 + \frac{v_0}{2}t + \frac{v_t}{2}t$$

$$x = x_0 + \frac{v_0}{2}t + \frac{v_0 + at}{2}t$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Dengan menggunakan hukum kekekalan energi, maka kita pun dapat memperoleh persamaan yang digunakan untuk gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah sebagai berikut :

$$v_t^2 = v_o^2 + 2as$$

Dimana:

x = jarak yang ditempuh benda (m),

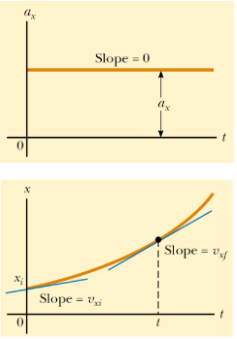
v_o = kecepatan awal benda (m/s)

v_t = kecepatan akhir benda (m/s)

t = waktu yang ditempuh benda (s)

a = percepatan benda (m/s^2)

Jika percepatan benda positif maka benda akan bergerak makin cepat (*speed up*) dan jika bernilai negatif (karena arah percepatan berlawanan dengan arah gerak) maka benda akan bergerak makin lambat (*slow down*). Konsekuensi ini menyebabkan pola garis pada grafik *v-t* lurus miring (Gambar) karena $v \sim t$ artinya kecepatan sebanding dengan waktu. Sedangkan pada grafik *x-t* akan ditemukan pola garis yang parabolik ke atas (Gambar) karena $x \sim t^2$ artinya jarak sebanding dengan kuadrat waktu yang dialami benda.



a

b

Gambar 38.Pola grafik a-t (gbr a) dan grafik x-t (gbr b) pada gerak lurus beraturan

Gerak vertical keatas (misalnya bola yang dilempar keatas) dan gerak jatuh bebas (misalnya buah yang jatuh dari pohonnya) juga terkatagori sebagai Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Gerak vertical keatas merupakan Gerak lurus yang

diperlambat, sedangkan gerak jatuh bebas merupakan gerak lurus yang dipercepat. Persamaan yang berlaku untuk gerak vertical keatas ataupun kebawah hampir sama dengan persamaan GLBB, hanya saja percepatan (a) diganti dengan percepatan gravitasi (g) dan jarak tempuh (s) dinyatakan sebagai ketinggian (h). Persamaan yang dapat digunakan dalam gerak vertical adalah sebagai berikut:

$$v_t = v_o \pm gt$$

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

$$h = h_0 + v_0 t \pm \frac{1}{2} g t^2$$

dengan

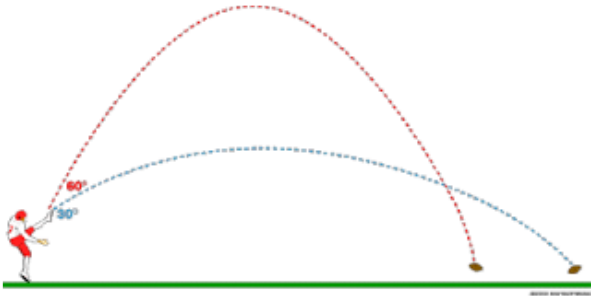
g : percepatan gravitasi (g akan bernilai negatif bila benda bergerak naik)

h : ketinggian saat waktu t

h_0 : ketinggian saat t_0

6. Gerak Parabola

Untuk memulai pembahasan tentang Gerak Parabola marilah kita perhatikan ilistrasi pada Gambar berikut.



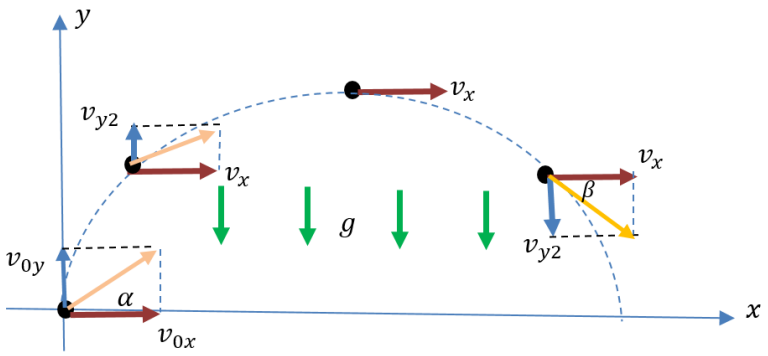
Gambar 39. Lintasan parabola

Dari ilustrasi tersebut, bila bola ditendang dengan kekuatan yang sama, maka jarak tempuh bola bisa berbeda. Hal ini ternyata jarak tempuh tidak hanya dipengaruhi oleh kecepatan awal saja, namun juga dipengaruhi oleh sudut tendangan bola terhadap bidang datar atau yang disebut sebagai sudut elevasi.

Gerak parabola bila kita tinjau dari dua sisi pengamatan berbeda, maka akan diperoleh bahwa gerak parabola memiliki dua jenis lintasan. Bila dilihat dari arah vertical, maka lintasan bola yang terjadi akan tampak berupa garis lurus, bila

pengaruh kecepatan angin diabaikan dan titik tendangan pada permukaan bola adalah di bagian tengah bola. Bila dilihat dari arah samping (seperti ilustrasi pada gambar diatas), maka lintasan yang terlihat akan berbentuk melengkung. Inilah sebabnya, gerak parabola disebut juga sebagai memadu gerak.

Perhatikan gambar berikut, untuk menganalisis gerak parabola secara vector.



Gambar 40. Analisa vector pada gerak parabola

Pada gambar diperlihatkan bahwa pada saat awal bergerak benda memiliki kecepatan v_0 dan memiliki sudut elevasi α. Kecepatan awal v_0 dapat diuraikan menjadi dua komponen kecepatan yang saling tegaklurus yaitu v_{0x} yaitu komponen kecepatan awal dalam arah horisontal dan v_{0y} yaitu komponen kecepatan awal dalam arah vertikal.

Dimana :

$$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\alpha$$

Karena gerak parabola mengalami dua dimensi gerak, yaitu dimensi vertical dan horizontal, maka kita dapat melakukan Analisa terhadap dua kondisi tersebut. Pada gerak horizontal, benda bergerak parabola tidak mengalami percepatan apapun (a=0), sehingga dengan demikian dapat dikatakan bahwa gerak parabola pada arah horizontal adalah gerak lurus beraturan (GLB). Akibatnya, kecepatan pada arah horizontal adalah konstan.

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$

Jarak tempuh :

$$x = v_x . t = v_o \cos\alpha . t$$

Jarak tempuh maksimal, diperoleh ketika waktunya sama dengan dua kali waktu mencapai ketinggian maksimum.

Berbeda halnya bila kita meninjau dari arah vertikalnya, gerak parabola pada arah vertical dipengaruhi oleh percepatan gravitasi (g). Akibatnya, gerak parabola pada arah vertical ini merupakan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Sehingga, persamaan-persamaan matematis yang berlaku pada dimensi vertical adalah sebagai berikut.

Kecepatan :

$$v_{ty} = v_{0y} - gt$$

$$v_{ty} = v_0 \sin\alpha - gt$$

Ketinggian :

$$y_t = y_0 + v_{0y}.t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_t = y_0 + v_0 \sin\alpha\,.\,t - \frac{1}{2}gt^2$$

Ketinggian maksimum :

$$y_m = y_0 + \frac{v_0^2.\sin\alpha^2}{2g}$$

Waktu untuk mencapai ketinggian maksimum, diperoleh ketika $v_y = 0$.

$$t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$$

D. Rangkuman

Gerak adalah perubahan posisi suatu objek yang diamati yakni dari suatu titik acuan. Titik acuan adalah sebagai titik awal objek ataupun titik tempat pengamat berada. Gerak lurus adalah gerak suatu objek yang berupa garis lurus.

Saat bergerak, objek akan mengalami perubahan jarak dan mengalami perubahan posisi. Sehingga dapat diambil suatu definisi bahwa jarak adalah Panjang seluruh lintasan yang ditempuh suatu objek, sedangkan perpindahan adalah Panjang lintasan lurus yang diukur dari posisi awal ke posisi akhir objek. Perpindahan memiliki besar dan arah.

Untuk objek yang bergerak, akan dikenal istilah kelajuan dan kecepatan. Kelajuan merupakan besaran yang dipengaruhi jarak yang ditempuh tiap selang waktu, sedangkah kecepatan dipengaruhi oleh perpindahan objek untuk tiap selang waktunya.

Gerak Lurus Beraturan (GLB) merupakan gerak lurus yang mempunyai kecepatan yang tetap disebabkan tidak adanya percepatan yang bekerja pada objek. Jadi, nilai percepatannya adalah nol (a = 0).

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) memiliki karakteristik berikut:

1. Lintasannya berupa garis lurus
2. Pada kecepatan benda berubah beraturan
3. Benda mengalami percepatan tetap (a = konstan)