

ANALISIS DAN PREDIKSI MISKONSEPSI SISWA
PADA MATERI GERAK PARABOLA

Cayo Wibowo, Titin Sunarti

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: cayowibowo16030184070@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Miskonsepsi merupakan salah satu masalah yang harus diantisipasi karena dapat mengganggu proses pembelajaran siswa. Salah satu mata pelajaran yang memiliki persentase miskonsepsi cukup tinggi adalah Fisika. Berbagai bentuk tes diagnostik telah dikembangkan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa tersebut. Untuk menemukan bentuk tes yang sesuai dengan sebuah konsep Fisika, maka konsep tersebut perlu dianalisis terlebih dahulu serta memprediksi miskonsepsi yang mungkin ada di dalamnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsep Gerak Parabola dan memprediksi bagian dari konsep tersebut yang berpotensi menyebabkan miskonsepsi pada siswa. Alasan konsep Gerak Parabola dipilih adalah karena konsep tersebut merupakan bagian dari konsep Kinematika Gerak benda yang memiliki persentase miskonsepsi cukup tinggi berdasarkan penelitian sebelumnya. Penelitian menggunakan metode *literature review* yang dilakukan dengan dua tahap yakni, tahap pertama menganalisis konsep Gerak Parabola melalui beberapa buku dan tahap kedua memprediksi miskonsepsi pada konsep tersebut dengan memperhatikan penyebab dari miskonsepsi itu sendiri. Hasil penelitian ditemukan 7 sub-konsep dalam konsep Gerak Parabola yang 5 diantaranya diprediksi akan menyebabkan miskonsepsi pada siswa yakni kombinasi komponen gerak sumbu x dan sumbu y, arah percepatan objek, pengaruh massa pada besar perpindahan total, pengaruh besar kecepatan awal dengan lama objek dalam lintasan serta nilai kecepatan dan percepatan objek pada titik tertinggi lintasan.

Kata Kunci : Miskonsepsi, Gerak Parabola dan Tes diagnostik

Abstract

Misconception is one of the problems that must be anticipated because it can disrupt the learning process of students. One of the subject that has a high percentage of misconceptions is Physics. Various forms of diagnostic tests have been developed to identify students' misconceptions. To find a form of test that matches a Physics concept, the concept needs to be analyzed first and predicting misconceptions that may be in it. Therefore, this study aims to analyze the concept of Parabolic Motion and predict parts of the concept that have the potential to cause misconceptions in students. The reason the Parabolic Motion concept was chosen is because the concept is part of the Motion Kinematics concept of objects which have a high percentage of misconceptions based on previous research. The research uses literature review method which is carried out in two stages, the first stage analyzes the concept of Parabolic Motion through several books and the second stage predicts the misconception on that concept by considering the causes of the misconception itself. The results found 7 sub-concepts in the Parabolic Motion concept, 5 sub-concepts are predicted to cause misconceptions in students including the combination of x-axis and y-axis motion components, the direction of acceleration of objects, the effect of mass on the total displacement, the influence of initial velocity with the length of the object in the path and the speed and acceleration value of the object at the highest point of the path.

Keywords : Misconception, Parabolic Motion and Diagnostic tests

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang dari Ilmu Pengetahuan Alam yang di dalamnya terdapat konsep-konsep diantaranya Listrik, Kalor, Gaya, Energi, Fluida, Gelombang dan Kinematika Gerak sebuah

benda. Kinematika Gerak sebuah benda terdiri atas beberapa sub-konsep diantaranya Gerak Jatuh Bebas, Gerak Lurus, Gerak Melingkar dan Gerak Parabola. Sugiana (2016) berpendapat bahwa konsep adalah

sebuah landasan dalam berpikir dan menemukan solusi untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Peneliti lain (Tayubi, 2005) berpendapat bahwa konsep adalah abstraksi dari ciri-ciri sesuatu untuk mempermudah komunikasi antar sesama manusia, sedangkan konsepsi merupakan tafsiran seseorang terhadap suatu konsep yang sangat mungkin berbeda untuk tiap individu. Oleh karena itu, konsepsi yang dimiliki oleh setiap siswa memiliki kemungkinan berbeda dengan konsep Fisika yang diajarkan. Perbedaan tersebut dikarenakan siswa telah memiliki konsepsi awal terlebih dahulu mengenai suatu konsep Fisika yang akan disampaikan dalam pembelajaran formal di sekolah (Harizah dkk., 2016).

Konsepsi awal siswa tersebut diperoleh melalui pengalaman mereka dalam kehidupan sehari-hari (Gurel dkk., 2015). Sebagai contoh, dalam kehidupan sehari-hari siswa menganggap percepatan objek pada titik tertinggi dalam Gerak Parabola sama dengan nol. Konsep yang benar mengenai percepatan objek pada titik tertinggi dalam Gerak Parabola adalah sama dengan percepatan gravitasi bumi (Giancoli, 2014). Perbedaan antara konsepsi awal yang dimiliki oleh siswa dengan konsep yang benar itulah yang disebut sebagai miskonsepsi.

Brown (1989) berpendapat bahwa miskonsepsi adalah suatu gagasan yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah yang sekarang diterima oleh para ahli. Peneliti lain (Hammer, 1996) berpendapat bahwa miskonsepsi adalah konsepsi yang melekat kuat dan stabil dalam struktur kognitif siswa yang berbeda dengan konsepsi para ahli dan yang berpengaruh pada cara siswa dalam memahami dan menjelaskan fenomena alam secara ilmiah serta yang bukan merupakan cara untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik.

Miskonsepsi yang terjadi pada diri siswa dapat disebabkan oleh beberapa sumber. Suprpto (2020) menjelaskan bahwa terdapat 4 sumber penyebab miskonsepsi pada siswa yakni miskonsepsi yang bersumber dari diri siswa itu sendiri, guru, buku teks dan cara mengajar. Miskonsepsi yang berasal dari diri siswa itu sendiri selanjutnya terbagi menjadi 8 kelompok sumber penyebab miskonsepsi yaitu prakonsepsi atau konsepsi awal atau prakonsepsi siswa, pemikiran asosiatif, pemikiran humanistik, *reasoning* yang tidak lengkap atau salah, intuisi yang salah, tahap perkembangan kognitif siswa, kemampuan dan minat belajar siswa (Nurulwati, 2014).

Miskonsepsi tersebut harus segera dideteksi untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep yang sedang dipelajari dan agar tidak mengganggu pembelajaran konsep-konsep berikutnya. Miskonsepsi terjadi pada beberapa konsep dalam mata pelajaran Fisika, berikut ini adalah beberapa contoh penelitian sebelumnya yang mendeteksi miskonsepsi pada konsep Fisika yakni Rahayu (2019) pada materi Gerak Jatuh Bebas, Kurniawati (2019) pada materi

Fluida Dinamis dan Jannah (2019) pada materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi miskonsepsi yakni tes diagnostik. Tes diagnostik memiliki beberapa bentuk, yaitu wawancara, tes essay, dan tes diagnostik pilihan ganda (Gurel dkk., 2015). Zulfikar dkk. (2017) menjelaskan bahwa tahap pertama sebelum menentukan bentuk tes diagnostik untuk mendeteksi miskonsepsi sebuah konsep adalah tahap *preliminary investigation* yang akan menentukan bentuk tes diagnostik yang sesuai dengan konsep tersebut. Sebelum tahapan tersebut, untuk mempermudah pemilihan bentuk tes diagnostik, maka konsep yang akan diidentifikasi terlebih dahulu dianalisis dan diprediksi bagian dari konsep tersebut yang berpotensi menyebabkan miskonsepsi pada siswa. Alasan konsep Gerak Parabola dipilih adalah karena dalam penelitian sebelumnya konsep Kinematika Gerak sebuah benda menyebabkan miskonsepsi yang cukup besar pada diri siswa. Seperti contoh dalam penelitian Rahayu (2019) mengenai konsep Gerak Jatuh Bebas (GJB), siswa mengalami miskonsepsi sebesar 40,67 % serta dalam penelitian Annisa (2019) mengenai konsep Gerak Melingkar Beraturan (GMB), siswa mengalami miskonsepsi sebesar 20-40 %.

Konsep Gerak Parabola juga merupakan salah satu sub-konsep dari Kinematika Gerak sebuah benda, oleh karena itu dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsep Gerak Parabola dan memprediksi bagian dalam konsep tersebut yang berpotensi menyebabkan miskonsepsi pada siswa serta untuk mempermudah pemilihan bentuk tes diagnostik yang akan digunakan. Konsep Gerak Parabola sendiri berdasarkan Kurikulum 2013 Revisi 2017 (K 13 Rev. 2017) diajarkan pada jenjang pendidikan sekolah menengah atas (SMA), tepatnya pada kelas X SMA. Prediksi miskonsepsi konsep Gerak Parabola dilakukan dengan memperhatikan penyebab dari miskonsepsi itu sendiri. Prediksi miskonsepsi Gerak Parabola dalam penelitian ini akan memperhatikan lima penyebab miskonsepsi yang berasal dari diri siswa itu sendiri yaitu prakonsepsi atau konsepsi awal atau prakonsepsi siswa, pemikiran asosiatif, pemikiran humanistik, *reasoning* yang tidak lengkap atau salah dan intuisi yang salah.

Suparno (2013) telah menjelaskan pengertian dari lima penyebab miskonsepsi yang berasal dari diri siswa itu sendiri yakni sebagai berikut, *pertama konsepsi awal atau prakonsepsi*, Prakonsepsi siswa diperoleh dari interaksi dengan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari. Ketidaksesuaian prakonsepsi tersebut dengan konsepsi para ahli menjadi penyebab miskonsepsi. *Kedua pemikiran asosiatif*, Tindakan asosiatif adalah tindakan yang menghubungkan antara suatu konsep yang telah dimiliki oleh siswa dengan konsep-konsep Fisika yang sedang dipelajari siswa tersebut di sekolah. Tindakan ini dapat menyebabkan terjadinya miskonsepsi. *Ketiga pemikiran humanistik*, Ketika siswa memahami

tingkah laku sebuah objek, siswa tersebut menggunakan tolak ukur yang bersifat manusiawi. Siswa memahami tingkah laku sebuah objek tersebut seperti tingkah laku manusia selaku makhluk hidup. Pemikiran seperti ini cenderung berpotensi menimbulkan miskonsepsi.

Keempat reasoning yang tidak lengkap atau salah, Ketika materi atau informasi terkait suatu konsep yang diperoleh siswa tidak lengkap maupun salah, maka informasi tersebut dapat mempengaruhi proses penalaran atau *reasoning* dalam diri siswa tersebut. Proses *reasoning* yang tidak lengkap tersebut akan mengakibatkan kesalahan dalam penarikan kesimpulan siswa pada suatu konsep. Kesalahan dalam menyimpulkan ini akan menyebabkan siswa tersebut mengalami miskonsepsi. *Terakhir intuisi yang salah*, Intuisi adalah suatu perasaan dalam diri seseorang yang spontan mengungkapkan sikap atau gagasannya tentang suatu konsep secara subjektif (Nurulwati, 2014). Pengertian yang berlandaskan kepada pemikiran intuitif ini berasal dari pengamatan atau kejadian terus menerus yang terjadi pada diri siswa. Akibatnya apabila siswa bertemu dengan persoalan yang hampir serupa dengan kejadian yang pernah dialami sebelumnya, maka secara spontan siswa akan merespon persoalan tersebut dengan cara yang sama.

METODE

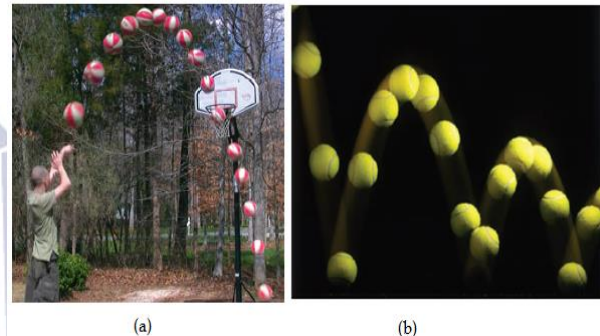
Penelitian ini menggunakan metode *literature review*, yaitu dengan cara mengumpulkan informasi dan data yang berkaitan dengan konsep Gerak Parabola dan miskonsepsi dari beberapa sumber seperti jurnal ataupun buku. Penelitian ini terbagi dalam dua tahap yakni tahap pertama menganalisis konsep Gerak Parabola dan tahap kedua memprediksi miskonsepsi pada konsep tersebut. Pada tahap menganalisis materi Gerak Parabola digunakan referensi yang berasal dari buku karya Giancoli (2014) yang berjudul "*PHYSICS : Principles With Applications 7th edition*", Haliday (2010) yang berjudul "*Fundamental of Physics 9th edition*" dan Young (2012) yang berjudul "*University Physics With Modern Physics 13th Edition*".

Pada tahap memprediksi miskonsepsi disesuaikan dengan 5 penyebab miskonsepsi pada diri siswa itu sendiri yakni konsepsi awal atau prakonsepsi siswa, pemikiran asosiatif, pemikiran humanistik, *reasoning* yang tidak lengkap atau salah, intuisi yang salah. Prediksi miskonsepsi juga didukung oleh data hasil uji coba sederhana menggunakan soal pilihan ganda dengan alasan terbuka terhadap 26 mahasiswa Fisika UNESA angkatan 2019 pada tanggal 2 Desember 2019. Alasan yang diperoleh dari uji coba sederhana tersebut dijadikan salah satu pertimbangan prediksi miskonsepsi Gerak Parabola bersamaan dengan analisis konsep tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis konsep Gerak Parabola

Gerak Parabola merupakan gerak perpindahan sebuah benda di udara dalam dua dimensi yang berada dekat dengan permukaan bumi. Benda yang mengalami Gerak Parabola memiliki kecepatan awal (v_0) serta percepatan yang besar dan arahnya sama dengan percepatan gravitasi bumi (g). Contoh dari Gerak Parabola yang bisa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti saat bermain bola golf, pantulan bola tennis, melempar bola basket dan lain sebagainya. Gambar 1 merupakan ilustrasi dari Gerak Parabola yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

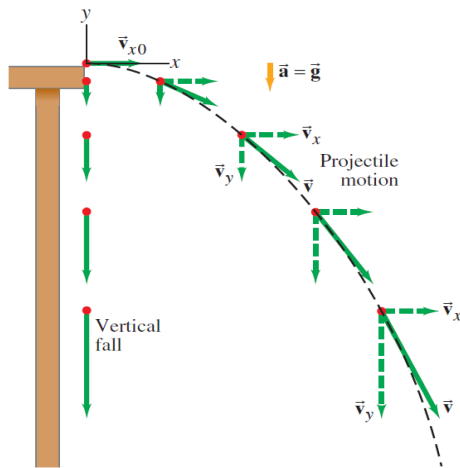


Gambar 1. Sebuah fotografi saat (a) memasukkan bola basket ke dalam ring basket (b) pantulan bola tennis (Sumber: Giancoli, 2014 dan Halliday, 2010)

Young (2012) dalam bukunya yang berjudul "*University Physics With Modern Physics 13th Edition*" menjelaskan bahwa untuk menganalisis Gerak Parabola diperlukan sebuah model ideal dengan beberapa batasan. Batasan model ideal yang dimaksud oleh Young tersebut adalah ketika percepatan yang bekerja dalam Gerak Parabola hanya berasal dari percepatan gravitasi bumi saja dan mengabaikan gesekan dengan udara. Oleh karena itu, besar dan arah percepatan objek dalam Gerak Parabola sama dengan besar dan arah percepatan gravitasi bumi (g) (9.8 m/s^2 ke bawah). Analisis mengenai Gerak Parabola selanjutnya hanya akan berfokus saat setelah objek tersebut diluncurkan hingga sebelum objek tersebut mendarat atau ditangkap.

1. Analisis Komponen Gerak Parabola

Gerak Parabola dapat dipahami dengan menganalisis komponen gerak vertikal dan gerak horizontal secara terpisah. Untuk mempermudah analisis maka diasumsikan gerak dimulai saat waktu (t) sama dengan nol ($t=0$) serta pada titik awal sumbu x (vertikal) dan sumbu y (horizontal) sehingga nilai x_0 dan y_0 sama dengan nol. Sebagai contoh, sebuah bola menggelinding di atas meja dengan kecepatan awal pada sumbu horizontal (x) sebesar \vec{v}_{x0} lalu terjatuh dari meja tersebut. Pada saat yang bersamaan, sebuah bola identik lainnya dijatuhkan dengan bebas dalam sumbu vertikal sebagai perbandingan gerak diantara bola sebelumnya. Gambar 2 adalah ilustrasi dari kedua peristiwa di atas.



Gambar 2. Ilustrasi perbandingan gerak dua bola identik yang mengalami Gerak Parabola dan Gerak Jatuh Bebas (Sumber: Giancoli, 2014)

Untuk memahami gerak bola yang menggelinding lalu jatuh tersebut, maka dianalisis kecepatan dan percepatan pada kedua komponen gerak bola (sumbu horizontal dan sumbu vertikal) secara terpisah. Proses analisis menerapkan persamaan gerak kinematika dalam dua dimensi pada komponen gerak sumbu x dan sumbu y. Tabel 1 merupakan persamaan kinematika yang berlaku pada komponen gerak sumbu x dan y.

Tabel 1. Persamaan kinematika dalam dua dimensi untuk percepatan konstan (Sumber: Giancoli, 2014).

Komponen Sumbu x (horizontal)	
$v_x = v_{x0} + a_x t$	(1)
$x = x_0 + v_{x0} t + \frac{1}{2} a_x t^2$	(2)
$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$	(3)
Komponen Sumbu y (Vertikal)	
$v_y = v_{y0} + a_y t$	(4)
$y = y_0 + v_{y0} t + \frac{1}{2} a_y t^2$	(5)
$v_y^2 = v_{y0}^2 + 2a_y(y - y_0)$	(6)

Keterangan :

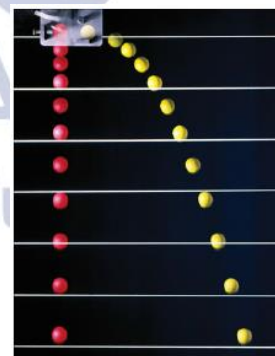
- v_x = Kecepatan pada sumbu x (m/s)
- v_{x0} = Kecepatan awal pada sumbu x (m/s)
- a_x = Percepatan pada sumbu x (m/s²)
- x = total perpindahan pada sumbu x (m)
- x_0 = posisi awal pada sumbu x (m)
- v_y = kecepatan pada sumbu y (m/s)
- v_{y0} = kecepatan awal pada sumbu y (m/s)
- a_y = percepatan pada sumbu y (m/s²)
- y = total perpindahan pada sumbu y (m)
- y_0 = posisi awal pada sumbu y (m)
- t = waktu benda pada setiap posisi dalam lintasan (s)

Pertama dianalisis komponen gerak vertikal (sumbu y). Sesaat ketika bola tersebut meninggalkan

meja, bola tersebut hanya memiliki komponen kecepatan pada sumbu x. Selanjutnya, pada saat yang sama bola tersebut terkena gaya gravitasi bumi dengan besar percepatan 9.8 m/s² ke bawah. Kecepatan pada sumbu y (v_y) pada awalnya sama dengan nol ($v_{y0} = 0$) dan terus bertambah seiring gerak bola ke bawah hingga mendarat. Kenaikan kecepatan pada sumbu y ini disebabkan oleh pengaruh percepatan gravitasi bumi. Giancoli dalam bukunya yang sama juga berpendapat bahwa nilai percepatan pada sumbu vertikal bernilai positif apabila ke atas dan negatif apabila ke bawah. Nilai percepatan pada sumbu y, $a_y = -g$. Dikarenakan $v_{y0} = 0$, maka Persamaan (4) menjadi $v_y = -gt$. Untuk perpindahan vertikal yang ditempuh bola pada Persamaan (5) berubah menjadi $y = -\frac{1}{2}gt^2$. Hal tersebut dikarenakan nilai y_0 dan v_{y0} sama dengan nol.

Pada arah sumbu x tidak memiliki percepatan. Dengan $a_x = 0$, kecepatan komponen pada sumbu x (v_x) bernilai konstan dan memiliki besar yang sama dengan kecepatan awalnya pada setiap titik lintasan yang dilalui. Persamaan untuk perpindahan total pada sumbu x, karena nilai a_x dan x_0 sama dengan nol, berubah menjadi $x = v_{x0}t$.

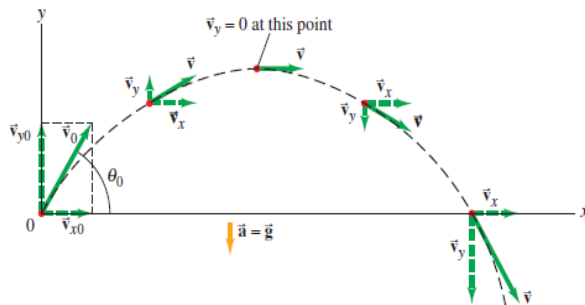
Berdasarkan analisis di atas apabila bola yang mengalami Gerak Parabola dibandingkan dengan bola yang mengalami Gerak Jatuh Bebas dalam waktu yang dibutuhkan untuk mencapai permukaan, maka kedua bola tersebut akan memiliki waktu yang sama. Hal tersebut karena gerak vertikal pada masing-masing bola adalah sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebelumnya. Gambar 3 berikut menunjukkan *multiple-exposure photograph* yang mengkonfirmasi fenomena pada kedua bola tersebut.



Gambar 3. *Multiple-exposure photograph* yang menunjukkan posisi dua bola yang mengalami Gerak Parabola (bola kuning) dan Gerak Jatuh Bebas (bola merah) pada interval waktu yang sama (Sumber: Giancoli, 2014).

Fenomena selanjutnya, apabila sebuah objek yang mengalami Gerak Parabola diluncurkan ke atas dengan sudut elevasi tertentu, maka analisis fenomena Gerak Parabola tersebut hampir sama dengan analisis gerak sebelumnya. Perbedaan analisis

Gerak Parabola pada kasus ini terletak pada nilai kecepatan awal pada sumbu y (v_{y0}) yang tidak lagi sama dengan nol. Karena arah percepatan gravitasi ke bawah, maka nilai kecepatan pada sumbu y (v_y) akan secara bertahap berkurang seiring dengan waktu hingga objek mencapai ketinggian tertinggi dalam lintasan (pada titik ini v_y bernilai sama dengan nol). Hal ini dikarenakan arah Percepatan Gravitasi berlawanan dengan arah kecepatan pada sumbu y (v_y). Setelah melewati titik tertinggi, objek akan terpengaruh percepatan gravitasi dan bergerak ke bawah, sedangkan nilai v_y akan terus meningkat hingga objek tersebut mendarat di permukaan. Pada sumbu x, kecepatan (v_x) tetap konstan dan nilai percepatannya (a_x) sama dengan nol. Gambar 4 berikut merupakan ilustrasi gerak parabola sebuah obek sesuai dengan kasus di atas beserta komponen gerakannya.



Gambar 4. Lintasan Gerak Parabola yang diluncurkan dengan besar kecepatan awal (v_0) dan besar sudut awal (θ_0) tertentu. (Sumber: Giancoli, 2014)

Berdasarkan analisis gerak parabola sebelumnya, persamaan kinematika objek dalam dua dimensi dengan percepatan konstan mengalami beberapa perubahan. Tabel 2 berikut menyajikan persamaan kinematika untuk gerak parabola pada sumbu x dan y.

Tabel 2. Persamaan kinematika untuk gerak parabola (Sumber: Giancoli, 2014).

Gerak Horizontal ($a_x = 0, v_x = \text{konstan}$)	
$v_x = v_{x0}$	(7)
$x = x_0 + v_{x0}t$	(8)
$v_x^2 = v_{x0}^2$	(9)
Gerak Vertikal ($a_y = -g = \text{konstan}$)	
$v_y = v_{y0} - gt$	(10)
$y = y_0 + v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2$	(11)
$v_y^2 = v_{y0}^2 - 2g(y - y_0)$	(12)

Keterangan :

- v_x = Kecepatan pada sumbu x (m/s)
- v_{x0} = Kecepatan awal pada sumbu x (m/s)
- a_x = Percepatan pada sumbu x (m/s^2)
- x = total perpindahan pada sumbu x (m)
- x_0 = posisi awal pada sumbu x (m)
- v_y = kecepatan pada sumbu y (m/s)

- v_{y0} = kecepatan awal pada sumbu y (m/s)
- a_y = percepatan pada sumbu y (m/s^2)
- y = total perpindahan pada sumbu y (m)
- y_0 = posisi awal pada sumbu y (m)
- t = waktu benda pada setiap posisi dalam lintasan (s)

Selanjutnya, ketika objek diluncurkan melalui sebuah sudut awal tertentu seperti pada Gambar 4, maka nilai kecepatan awal pada sumbu x dan y adalah sebagai berikut.

$$v_{x0} = v_0 \cos \theta_0 \quad \text{dan} \quad v_{y0} = v_0 \sin \theta_0 \quad (13)$$

2. Perpindahan Total Objek Dalam Gerak Parabola

Sebelum menentukan perpindahan total objek dalam Gerak Parabola, terlebih dahulu ditentukan persamaan mengenai lama suatu objek tersebut berada dalam lintasan Gerak Parabola di udara. Lama suatu objek berada di udara dihitung sejak objek tersebut diluncurkan hingga objek tersebut mendarat. Apabila objek tersebut diluncurkan pada ketinggian awal (y_0) sama dengan nol dan mendarat dengan ketinggian akhir (y) sama dengan nol, maka objek membentuk lintasan parabola seperti Gambar 2.4, maka Persamaan (11) untuk gerak vertikal dapat berubah menjadi seperti persamaan berikut.

$$\frac{1}{2}gt = v_{y0} \quad (14)$$

Berdasarkan Persamaan (14) diperoleh persamaan untuk menentukan lama objek berada dalam lintasan Gerak Parabola di udara sebagai berikut.

$$t = \frac{2v_{y0}}{g} \quad (15)$$

Untuk mencari Perpindahan total yang ditempuh objek, Persamaan (15) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (8) dengan nilai x_0 sama dengan nol. Nilai x_0 sama dengan nol karena benda mulai bergerak dari koordinat awal sumbu x seperti Gambar 4. Berikut adalah penurunan Persamaan untuk memperoleh perpindahan total yang ditempuh oleh sebuah objek dalam Gerak Parabola.

$$x = x_0 + v_{x0}t \quad (16)$$

$$x = 0 + v_{x0}t \quad (17)$$

$$x = v_{x0} \left(\frac{2v_{y0}}{g} \right) \quad (18)$$

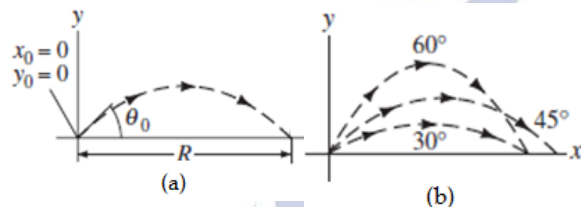
$$x = \frac{2v_{x0}v_{y0}}{g} \quad (19)$$

$$x = \frac{2v_0^2 \sin \theta_0 \cos \theta_0}{g} \quad (20)$$

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (21)$$

Persamaan (21) merupakan persamaan Perpindahan total yang dapat ditempuh oleh objek

dalam Gerak Parabola. Berdasarkan Persamaan 21 tersebut dapat diketahui bahwa dalam Gerak Parabola, faktor yang mempengaruhi perpindahan total suatu objek selain kecepatan awal adalah nilai sinus dua kali sudut awal peluncuran. Untuk mencapai perpindahan maksimum maka nilai sinus dua kali sudut awal harus mencapai maksimum atau dengan kata lain $\sin 2\theta_0 = 1$. Jika nilai $\sin 2\theta_0$ sama dengan 1, maka nilai $2\theta_0$ adalah 90° . Oleh karena itu, untuk mencapai jarak maksimum diperlukan nilai $\theta_0 = 45^\circ$. Berdasarkan Persamaan (21) dan penjelasan mengenai sudut awal peluncuran sebelumnya, diketahui ada beberapa sudut yang memiliki perpindahan total yang sama. Hal ini dapat terjadi karena kesamaan nilai sinus dua kali sudut awal peluncuran. Gambar 5 akan mengilustrasikan perpindahan total yang ditempuh suatu objek dalam Gerak Parabola.



Gambar 5. (a) perpindahan total objek dalam gerak parabola dan (b) beberapa sudut awal yang memiliki perpindahan total yang sama (Sumber: Giancoli, 2014).

b. Prediksi miskonsepsi pada konsep Gerak Parabola

Sebelum masuk pada pembahasan mengenai prediksi miskonsepsi Gerak Parabola, terlebih dahulu akan dipaparkan 7 sub-konsep yang ditemukan setelah menganalisis konsep Gerak Parabola tersebut pada tahap sebelumnya. Ketujuh sub-konsep tersebut adalah kombinasi komponen gerak sumbu x dan sumbu y, arah percepatan objek, pengaruh massa pada besar perpindahan total, pengaruh besar kecepatan awal dengan lama objek dalam lintasan, nilai kecepatan dan percepatan objek pada titik tertinggi lintasan, pengaruh sudut elevasi objek terhadap titik tertinggi yang mampu dicapai dalam lintasan dan pengaruh sudut elevasi dan kecepatan objek terhadap perpindahan total objek tersebut. Selanjutnya tahap prediksi miskonsepsi konsep Gerak Parabola akan dilakukan dengan memperhatikan penyebab dari munculnya miskonsepsi tersebut yakni sebagai berikut.

1. Prakonsepsi atau konsepsi awal siswa

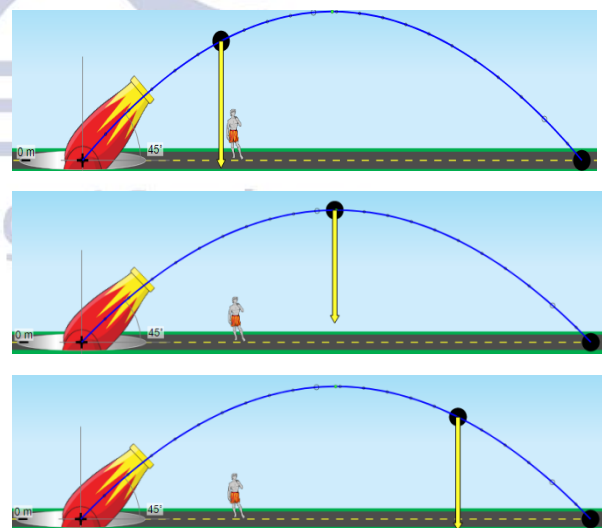
Sebagai contoh, prakonsepsi yang dimiliki oleh siswa mengenai komponen Gerak Parabola adalah ketika siswa ingin memasukkan bola basket ke dalam *ring* tanpa sadar siswa tersebut telah menerapkan konsep Gerak Parabola. Siswa entah secara sadar atau tidak telah mengatur sudut lemparan dengan cara mengatur sudut siku tangan penopang bola dan

memperkirakan tenaga yang dibutuhkan untuk memasukkan bola ke dalam *ring* basket.

Melalui peristiwa tersebut, siswa memperoleh prakonsepsi bahwa lintasan yang dilalui oleh bola basket berbentuk parabola. Siswa berpendapat bahwa Gerak Parabola adalah suatu gerak baru yang berbeda dengan gerak yang telah dipelajari sebelumnya. Kompetensi Dasar (KD) mengenai Gerak Parabola terletak setelah KD mengenai Gerak Lurus dalam Kurikulum 2013 Revisi 2017. Oleh karena itu, siswa telah memperoleh konsep mengenai Gerak Lurus pada pembelajaran sebelumnya tersebut. Prakonsepsi siswa ini akan mengalami pertentangan dengan konsep yang baru didapatkan saat mereka memperoleh pembelajaran materi Gerak Parabola di sekolah. Konsep yang benar mengenai Gerak Parabola adalah gerak gabungan dari Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada sumbu y dan Gerak Lurus Beraturan (GLB) pada sumbu x. Perbedaan antara konsepsi awal siswa dan konsep yang benar inilah yang menyebabkan konflik pemahaman dalam diri siswa. Konflik pemahaman ini dapat menyebabkan miskonsepsi pada diri siswa.

2. Pemikiran asosiatif siswa

Sebagai contoh, ketika sebuah objek mengalami Gerak Parabola arah percepatannya diasosiasikan dengan arah kecepatannya. Konsep yang benar, ketika gesekan objek yang mengalami Gerak Parabola terhadap udara diabaikan, maka arah percepatan objek sama dengan arah percepatan gravitasi bumi (ke bawah) dalam semua titik pada lintasan (Giancoli, 2014). Gambar 6 berikut merupakan contoh gambar peluncuran sebuah objek yang mengalami gerak parabola beserta arah percepatannya pada beberapa titik dalam lintasan.



Gambar 6. Sebuah objek yang ditembakkan sebanyak tiga kali pada sebuah lintasan parabola menunjukkan arah percepatan yang sama dengan percepatan gravitasi bumi pada titik yang berbeda-beda. (sumber: PhET)

3. Pemikiran humanistik

Sebagai contoh, dalam Gerak Parabola ketika dua objek yang memiliki massa berbeda diluncurkan pada sudut elevasi dan kecepatan awal yang sama, maka kedua objek tersebut akan menempuh perpindahan total yang berbeda. Siswa menganggap objek dengan massa lebih berat akan menempuh perpindahan total yang lebih dekat dengan titik peluncuran apabila dibandingkan dengan objek yang bermassa lebih ringan. Konsep yang benar ketika gesekan udara diabaikan maka kedua benda tersebut menempuh total perpindahan yang sama (Giancoli, 2014). Dalam Gerak Parabola, Giancoli menyatakan bahwa hanya kecepatan awal objek dan sudut elevasi peluncurannya yang berpengaruh terhadap perpindahan total objek tersebut. Tabel 3 berikut menunjukkan data perbandingan antara massa objek dengan perpindahan totalnya saat kecepatan dan sudut elevasinya sama (gesekan udara diabaikan).

Tabel 3. Data praktikum virtual dengan menggunakan aplikasi PhET yang dapat menunjukkan perbandingan antara massa objek dengan perpindahan total pada saat kecepatan awal dan sudut elevasinya sama (Sumber: PhET).

Kecepatan Awal (m/s)	Sudut Elevasi ($^{\circ}$)	Massa (Kg)	Total Perpindahan (m)
20	45	2	40.77
20	45	4	40.77
20	45	6	40.77
20	45	8	40.77
20	45	10	40.77

4. Reasoning yang tidak lengkap atau salah

Sebagai contoh adalah ketika menentukan lama sebuah benda yang mengalami Gerak Parabola di udara. Pada contoh tersebut, saat gesekan udara diabaikan, semakin besar kecepatan awal suatu objek pada Gerak Parabola, maka akan semakin lama objek tersebut berada di udara. Dalam ilmu Fisika, kecepatan awal yang digunakan untuk menentukan lama benda yang mengalami Gerak Parabola di udara adalah kecepatan awal pada sumbu y (v_{0y}) sesuai dengan Persamaan (15) sebelumnya. Nilai dari kecepatan awal pada sumbu y (v_{0y}) dipengaruhi oleh besar kecepatan awal (v_0) dan besar sudut elevasi saat objek tersebut ditembakkan sesuai dengan Persamaan (16) berikut:

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (22)$$

Informasi yang tidak lengkap tersebut dapat menyebabkan siswa membuat kesimpulan yang salah. Dalam Gerak Parabola, dengan menggunakan informasi yang tidak lengkap tersebut, siswa dapat menyimpulkan bahwa kecepatan awal suatu objek menentukan lama objek tersebut berada di udara. Sedangkan kesimpulan yang benar adalah kecepatan

awal pada sumbu y (v_{0y}) dan sudut elevasi objek yang menentukan lama objek tersebut berada di udara. Kesimpulan siswa yang salah ini apabila tidak segera diluruskan maka akan berpotensi menjadi miskonsepsi.

5. Intuisi yang salah

Sebagai contoh dalam konsep Gerak Parabola, saat benda mencapai titik tertinggi, maka nilai kecepatan dan percepatan objek akan sama dengan nol. Pengertian di atas dapat muncul dalam benak siswa karena sebelumnya, siswa tersebut telah memiliki intuisi bahwa benda yang memiliki kecepatan sama dengan 0, maka percepatannya juga sama dengan 0. Dalam konsep Gerak Parabola, ketika objek mencapai titik tertinggi pada lintasan, maka hanya kecepatan objek pada sumbu y (v_{0y}) yang sama dengan 0. Sedangkan kecepatan objek pada sumbu x (v_{0x}) tetap konstan dan percepatan objek sama dengan percepatan gravitasi bumi (apabila gesekan udara diabaikan). Perbedaan antara intuisi yang dimiliki siswa dengan konsep yang benar inilah menyebabkan siswa mengalami miskonsepsi.

SIMPULAN

Sebagai contoh dalam konsep Gerak Parabola, saat benda mencapai titik tertinggi, maka nilai kecepatan dan percepatan objek akan sama dengan nol. Pengertian di atas dapat muncul dalam benak siswa karena sebelumnya, siswa tersebut telah memiliki intuisi bahwa benda yang memiliki kecepatan sama dengan 0, maka percepatannya juga sama dengan 0. Dalam konsep Gerak Parabola, ketika objek mencapai titik tertinggi pada lintasan, maka hanya kecepatan objek pada sumbu y (v_{0y}) yang sama dengan 0. Sedangkan kecepatan objek pada sumbu x (v_{0x}) tetap konstan dan percepatan objek sama dengan percepatan gravitasi bumi (apabila gesekan udara diabaikan). Perbedaan antara intuisi yang dimiliki siswa dengan konsep yang benar inilah menyebabkan siswa mengalami miskonsepsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, R., Astuti, B., Mindyarto, N.B. (2019). Tes diagnostik four tier untuk identifikasi pemahaman dan miskonsepsi siswa pada materi gerak melingkar beraturan. *JPFK, Vol. 5, No. 1, Maret 2019*, pp. 25-32.
- Brown, David E. (1989). Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Phys. Educ. 24* 353.
- Giancoli, Douglas C. (2014). *PHYSICS : Principles With Applications 7th edition*. USA: Pearson Education, Inc.
- Gurel D. K., Eryilmaz A., & McDermott L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students'

- Misconceptions in Science. *Eurasia J. Math. Sci. & Tech, Ed., 11(5), 989-1008.*
- Halliday & Resnick. (2011). *Fundamental of Physics 9th edition.* Jefferson: John Wiley & Sons, Inc.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics 64, 1316 (1996).*
- Harizah, Z., Setyarsih, W., & Jauhariyah, M. N. R. (2016). Penggunaan Three-Tier Diagnostic Test untuk Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Teori Kinetik Gas. *JIPF, Vol. 05 No. 03, September 2016, 174-177.*
- Jannah, E. M. & Ermawati, Frida U. (2019). Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes Diagnostik Berformat Four-Tier Untuk Materi Dinamika Rotasi Dan Keseimbangan Benda Tegar. *Inovasi Pendidikan Fisika Vol. 08 No. 02, Juli 2019, 560-564.*
- Kurniawati, Dyah M. & Ermawati, Frida U. (2019). The Validity of Four-Tier's Misconception Diagnostic Test for Dynamic Fluid Concept. *Inovasi Pendidikan Fisika, Vol. 08 No. 02, Juli 2019, 668-671.*
- Nurulwati. (2014). Suatu Tinjauan Tentang Jenis-Jenis Dan Penyebab Miskonsepsi Fisika. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, Vol. 02, No.01, 87-95.*
- Rahayu, Puji & Haryono, Eko. (2019). Profil Penguasaan Konsep Siswa Pada Sub Materi Gerak Jatuh Bebas Dengan Menggunakan Four-Tier Diagnostic Test. *Inovasi Pendidikan Fisika, Vol. 08 No. 02, Juli 2019, 618-622.*
- Sugiana, I N., Harjono A., Sahidu H., & Gunawan. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Berbantuan Media Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Siswa pada Materi Momentum dan Impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, Vol. II No. 2, April 2016, 61-65*
- Suprpto, N. (2020). Do We Experience Misconceptions?: An Ontological Review of Misconceptions in Science. *SiPoSE Vol.1, No.2, August 2020, 50-55*
- Tayubi, Y. R. (2005). Identifikasi Miskonsepsi Pada Konsep-Konsep Fisika Menggunakan Certainty of Response Index (CRI). *Mimbar Pendidikan, No.3/XXIV/2005*
- Young, Hugh D. & Freedman, Roger A. (2012). *University Physics With Modern Physics 13th Edition.* USA: Pearson Education, Inc.
- Zulfikar A., Samsudin A., & Saepuzaman D.(2017). Pengembangan Terbatas Tes Diagnostik Force Concept Inventory Berformat Four-Tier Test. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika (2017) Vol.2 No.1, 43-49.*