

## PENGGUNAAN MODUL PRAKTIKUM MANDIRI BERBASIS SIMULASI PHET DALAM PEMBELAJARAN FISIKA TENTANG GERAK PARABOLA PADA BIDANG DATAR

**Debora Natalia Sudjito**

*Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711, Jawa Tengah, Pusat Studi Pendidikan Sains, Matematika, dan Teknologi (e-SisTeM), Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711, Jawa Tengah*  
E-mail: debora.natalia@uksw.edu

### ABSTRAK

Pada perkuliahan tentang gerak parabola, pembelajaran yang komprehensif dan mengatasi keterbatasan waktu tatap muka dan penggunaan peralatan laboratorium di era Revolusi Industri 4.0 ini dapat dilakukan dengan simulasi PhET "Projectile Motion" dan panduannya agar peserta didik dapat belajar dengan terarah dan mandiri. Dalam penelitian ini, modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya diterapkan dalam kelas Fisika Dasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" terhadap pemahaman mahasiswa tentang gerak parabola. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kualitatif. Sebanyak 30 mahasiswa Fisika, Matematika, dan Pendidikan Fisika tingkat pertama menggunakan modul praktikum mandiri ini untuk belajar di luar jam tatap muka secara berkelompok. 90% mahasiswa berhasil mengerjakan modul dengan benar. Oleh sebab itu modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami gerak parabola melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

**Kata kunci** : modul praktikum mandiri, simulasi PhET, gerak parabola, bidang datar, tanpa gesekan udara.

### ABSTRACT

*In physics learning about projectile motion, comprehensive learning and overcoming the limitations of face-to-face time and the use of laboratory equipments in the Industrial Revolution 4.0 era can be done with PhET "Projectile Motion" simulations and its guidelines so that students can learn in a directed and independent way. In this study, an independent practicum module on projectile motion using a PhET "Projectile Motion" simulation that was made in a previous study was applied in the Fundamental Physics class. This study aims to determine the effectiveness of an independent practicum module about projectile motion using a PhET "Projectile Motion" simulation of students' understanding of projectile motion. This research is a qualitative descriptive study. Thirty Physics, Mathematics and Physics Education freshmen used this independent practicum module to study outside face-to-face hours in groups. There were 90% of students successfully worked on modules correctly. Therefore an independent practicum module about projectile motion using PhET "Projectile Motion" simulation can be said to be effectively used to help students understand projectile motion through independent learning outside of face-to-face hours.*

**Keywords**: independent practicum module, PhET simulation, projectile motion, flat plane, without friction.

## PENDAHULUAN

Pada perkuliahan tentang gerak parabola, khususnya pada bidang datar tanpa gesekan udara, pembelajaran yang komprehensif mencakup melakukan variasi besaran fisis pada gerak parabola, seperti posisi, jarak, kecepatan, waktu, dan sudut elevasi. Namun jika pembelajaran seperti ini dilakukan, maka kecil kemungkinan dilakukan hanya pada saat pertemuan tatap muka di kelas. Oleh sebab itu dibutuhkan waktu di luar pertemuan tatap muka di kelas. Hal ini tentunya harus didukung dengan media pembelajaran yang dapat digunakan di mana saja dan kapan saja [1]–[3].

Pada umumnya, pembelajaran gerak parabola di dalam kelas dapat menggunakan peralatan laboratorium, namun tentu saja peralatan laboratorium itu tidak mungkin dibawa pulang oleh siswa. Salah satu kemungkinan melakukan praktikum di luar kelas tanpa meminjam peralatan laboratorium di sekolah/kampus adalah laboratorium virtual, yang tentunya melibatkan media digital. Hal ini relevan dengan tuntutan pembelajaran di era Revolusi Industri 4.0 yang mendorong guru untuk menggunakan media digital [4]. Alternatif media digital yang dapat digunakan untuk pembelajaran Fisika adalah simulasi PhET. Akan tetapi supaya siswa dapat menggunakan simulasi PhET secara mandiri dan terarah, dibutuhkan panduan berupa modul [5].

Pada penelitian sebelumnya, beberapa modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” telah dibuat. Karanggulimu, dkk (2017) membuat modul praktikum mandiri tentang gerak parabola pada bidang datar tanpa gesekan udara menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” [2]. Laga, dkk (2019) membuat modul praktikum mandiri tentang gerak parabola pada bidang datar dengan gesekan udara menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” [1]. Shadday, dkk (2019) membuat modul pembelajaran mandiri tentang gerak parabola pada bidang miring dengan gesekan udara [3]. Modul-modul praktikum/pembelajaran mandiri tersebut sudah diujicobakan kepada mahasiswa tingkat pertama. Semua penelitian itu menyatakan bahwa penggunaan modul praktikum/pembelajaran mandiri efektif membantu siswa memahami materi gerak parabola [1]–[3]. Pada penelitian kali ini

modul praktikum mandiri tentang gerak parabola pada bidang datar tanpa gesekan udara menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” diterapkan dalam praktikum mandiri di perkuliahan Fisika Dasar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas modul praktikum mandiri tentang gerak parabola pada bidang datar tanpa gesekan udara menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” terhadap pemahaman mahasiswa tentang gerak parabola dan memberi saran perbaikan untuk pengembangan modul.

## METODE

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kualitatif. Sebanyak 30 mahasiswa Fisika, Matematika, dan Pendidikan Fisika tingkat pertama yang mengambil mata kuliah Fisika Dasar menggunakan modul praktikum mandiri ini untuk belajar di luar jam tatap muka secara berkelompok. Setiap kelompok terdiri dari 3 orang, sehingga ada 10 kelompok. Instrumen penelitian yang dipakai adalah modul praktikum mandiri tentang gerak parabola pada bidang datar tanpa gesekan udara menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*”. Modul ini adalah modul yang dibuat oleh Karanggulimu, dkk (2017), namun sudah dimodifikasi karena simulasi PhET yang digunakan sudah diperbarui oleh University of Colorado yang membuatnya. Laman simulasi PhET dapat diunduh secara gratis dan dioperasikan *online* maupun *offline* melalui <https://phet.colorado.edu/> [6].

Hasil kerja responden dianalisis secara deskriptif kualitatif. Apabila minimal 70% mahasiswa berhasil mengerjakan modul dengan benar, maka modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami gerak parabola secara komprehensif melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka [1], [2].

## HASIL

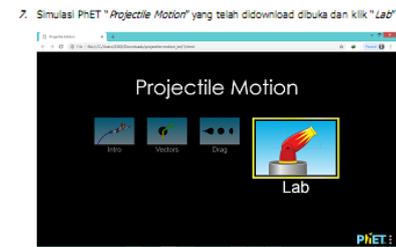
Modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET “*Projectile Motion*” ini diawali dengan penjelasan tentang definisi gerak parabola, tujuan modul, dan langkah-langkah

mengunduh, memasang, dan membuka simulasi PhET "Projectile Motion" secara offline seperti pada Gambar 1. Selanjutnya diberikan petunjuk dan penjelasan mengenai fitur-fitur yang dapat diubah dan diamati seperti pada Gambar 2. Pendahuluan seperti itu diberikan supaya peserta didik dapat memilih dan mengoperasikan simulasi dengan tepat seperti yang diharapkan oleh pengajar, karena modul ini dikerjakan secara mandiri di luar pertemuan tatap muka.

Bagian modul yang berikutnya adalah bagian praktikum yang menugaskan peserta didik melakukan praktikum mandiri dengan simulasi PhET "Projectile Motion". Peserta didik ditugaskan menentukan variabel kontrol, variabel terikat, dan variabel bebas serta mengubah-ubah nilai variabel kontrol (Gambar 3), mengoperasikan simulasi, mengamati simulasi gerak parabola, mengukur variabel dengan alat ukur yang disediakan pada simulasi (Gambar 4), mencatat data yang diperoleh, dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang mengarahkan mereka membuat kesimpulan (Gambar 5). Bagian praktikum mandiri ini terdiri dari lima kegiatan, yaitu : (1) menyelidiki pengaruh **massa benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara; (2) menyelidiki pengaruh **bentuk benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara; (3) menyelidiki pengaruh **kecepatan awal benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara; (4) menyelidiki pengaruh **posisi awal benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara; dan (5) menyelidiki pengaruh **besar sudut elevasi** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.



Gambar 1. Halaman modul yang berisi definisi gerak parabola, tujuan modul, dan langkah-langkah mengunduh, memasang, dan membuka simulasi PhET "Projectile Motion" secara offline.



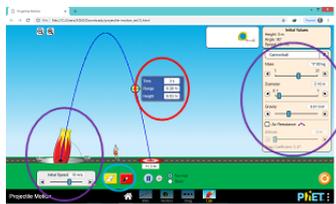
Gambar 7. Cara open simulation



Gambar 8. Tampilan menu variabel yang dapat diubah-ubah nilainya

Gambar 2. Halaman modul yang berisi petunjuk dan penjelasan mengenai fitur-fitur yang dapat diubah dan diamati.

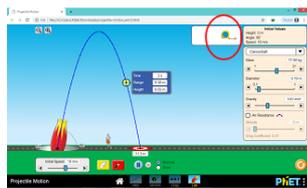
- Langkah Percobaan:
- Perhatikan bagian yang dilingkari dengan warna biru pada Gambar 10! Ruliah kecepatan awal, posisi awal, objek yang digunakan, diameter benda dan sudut elevasi seperti yang ada di dalam tabel percobaan 1.
  - Bagian yang dilingkari dengan warna merah pada Gambar 10 mencatat jarak terjauh benda ( $x_j$ ) dan waktu jatuh ( $t$ ).
  - Perhatikan bagian yang dilingkari dengan warna biru. Tombol merah bergambar ledakan untuk memulai simulasi dan klik tombol kuning bergambar penghapus untuk menghapus simulasi.



Gambar 10. Langkah percobaan

Gambar 3. Halaman modul yang berisi fitur-fitur variabel kontrol, variabel terikat, dan variabel bebas serta bagaimana mengubah-ubah nilai variabel kontrol.

- Catatan:
- Sebelum percobaan 1 selesai diharapkan untuk tidak menekan tombol kuning bergambar penghapus. Biarkan lintasannya terlihat sebagai perbandingan. Setelah percobaan 1 selesai silahkan klik tombol kuning bergambar penghapus untuk memulai percobaan 2, dan seterusnya.
  - Pengukuran titik tertinggi ( $y_t$ ) menggunakan penggaris seperti pada bagian yang dilingkari di Gambar 22.



Gambar 22. Penggaris

Letakkan kursor pada penggaris dan pindahkan pada bagian yang akan diukur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Proses pengukuran

Gambar 4. Halaman modul yang berisi petunjuk dan contoh untuk mengoperasikan simulasi, mengamati simulasi gerak parabola, dan mengukur

variabel dengan alat ukur yang disediakan pada simulasi.

Catatan data yang anda peroleh di dalam tabel!

Tabel 1 Hasil Pengamatan Percobaan 1

$\theta$ ( $^\circ$ )	$V_0$ (m/s)	Massa (kg)	Jarak terjauh (m)	Titik tertinggi (m)	waktu jatuh (s)
30	15	0,046			
30	15	1			
30	15	2			
30	15	3			

Berdasarkan tabel hasil pengamatan, jawablah pertanyaan di bawah ini!

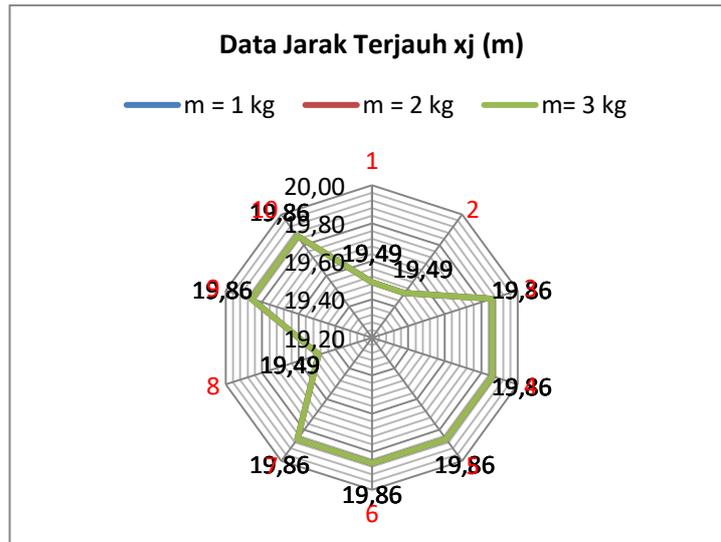
- Apakah perubahan massa ( $m$ ) mempengaruhi lintasan yang dilalui benda?
- Apakah perubahan massa ( $m$ ) mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ) benda?
- Apakah perubahan massa ( $m$ ) mempengaruhi titik tertinggi ( $y_t$ ) benda?
- Apakah perubahan massa ( $m$ ) mempengaruhi waktu jatuh ( $t$ ) benda?

Kesimpulan:

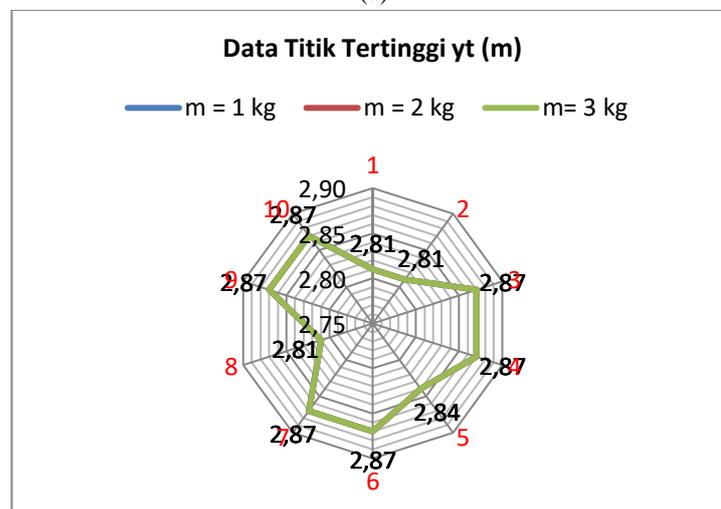
Gambar 5. Halaman modul yang berisi tabel data hasil pengukuran dan pertanyaan-pertanyaan penuntun untuk membuat kesimpulan.

**Kegiatan 1. Menyelidiki pengaruh massa benda terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.**

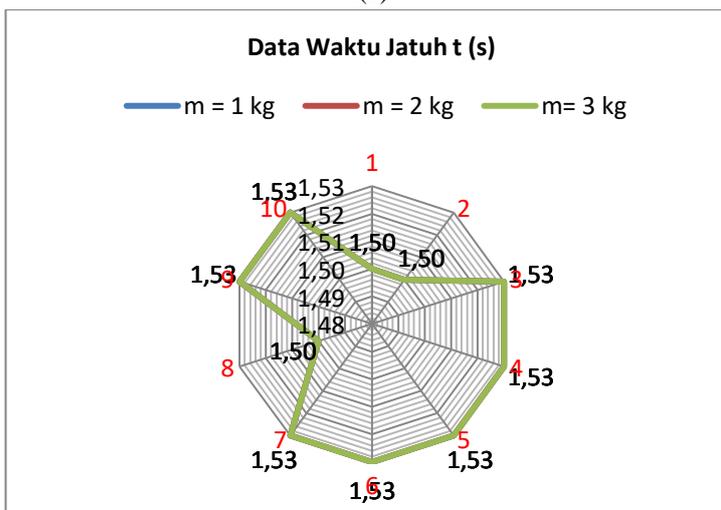
Pertanyaan pemantik pada kegiatan ini adalah apakah **massa benda** ( $m$ ) mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. Kemudian peserta didik ditugaskan untuk menentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Selanjutnya peserta didik diarahkan untuk melakukan simulasi dan merekam datanya. Data hasil percobaan dari semua kelompok dapat dilihat di Gambar 6.



(a)



(b)



(c)

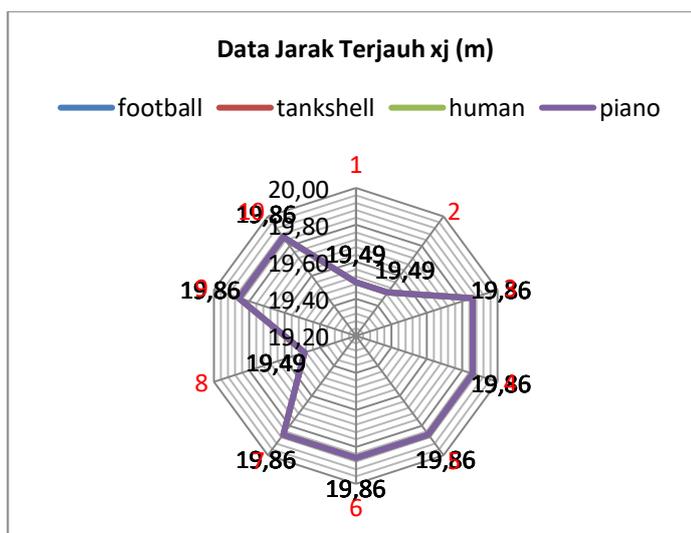
Gambar 6. Data pengukuran jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola jika massa benda diubah-ubah.

Berdasarkan Gambar 6, tampak bahwa masing-masing kelompok mendapatkan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) yang sama pada ketiga variasi nilai massa di kegiatan ini. Namun ada variasi nilai pada masing-masing besaran. Untuk jarak terjauh ( $x_j$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 19,86 m dan 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 19,49 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil 0,37 m dari data kelompok mayoritas. Untuk titik tertinggi ( $y_t$ ), 6 kelompok (60%) mendapatkan nilai sebesar 2,87 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 2,81 m; dan 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 2,84 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil 0,08 m dari data kelompok mayoritas; sedangkan data Kelompok 5 lebih kecil 0,03 m dari data kelompok mayoritas. Untuk waktu jatuh ( $t$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 1,53 s dan 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,50 s. Ada perbedaan 0,03 s pada pengukuran mereka. Perbedaan data antarkelompok terjadi karena peserta didik kurang presisi saat meletakkan alat ukur pada titik terjauh ( $x_j$ ) dan titik tertinggi ( $y_t$ ). Namun demikian, sekalipun ada perbedaan nilai pengukuran, tampak bahwa kecenderungan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ )

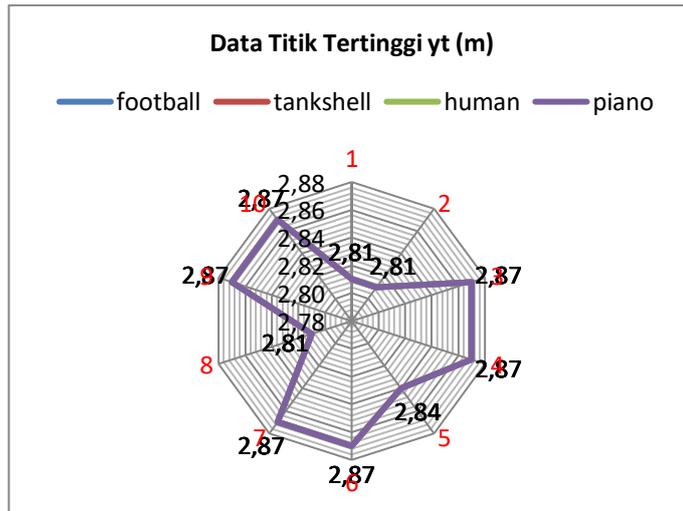
adalah sama walaupun massa benda ( $m$ ) diubah-ubah. Hal ini dinyatakan jelas oleh semua kelompok (100%) dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan menarik kesimpulan sehingga semua kelompok (100%) dapat menyimpulkan bahwa **massa benda ( $m$ ) tidak mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola**. Jadi Kegiatan 1 pada modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET “Projectile Motion” ini dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami pengaruh **massa benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

**Kegiatan 2. Menyelidiki pengaruh bentuk benda terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.**

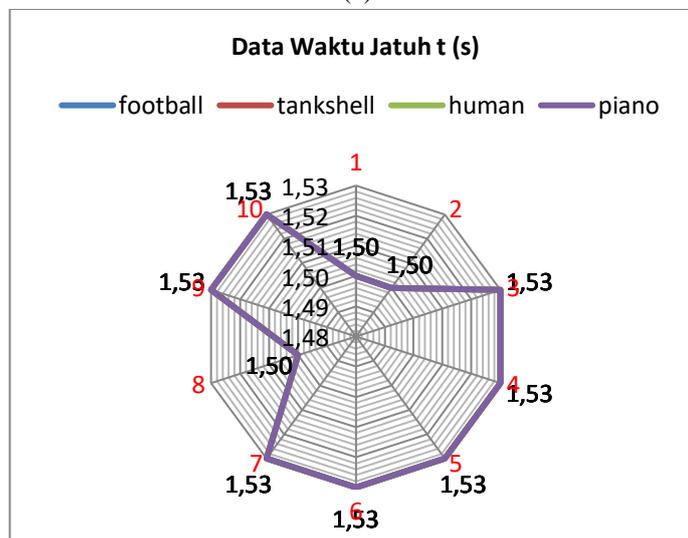
Di awal kegiatan, peserta didik diberi pertanyaan: apakah **bentuk benda** mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. Kemudian peserta didik ditugaskan untuk menentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Selanjutnya peserta didik diarahkan untuk melakukan simulasi dan merekam datanya. Data hasil percobaan dari semua kelompok dapat dilihat di Gambar 7.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Data pengukuran jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola jika bentuk benda diubah-ubah.

Berdasarkan Gambar 7, ada empat jenis benda yang disimulasikan, yaitu *football*, *tankshell*, *human*, dan *piano*. Serupa dengan Kegiatan 1, tampak bahwa masing-masing kelompok mendapatkan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) yang sama pada keempat variasi bentuk benda di Kegiatan 2 ini dan juga ada variasi nilai pada masing-masing besaran. Untuk jarak terjauh ( $x_j$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 19,86 m dan 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 19,49 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil 0,37 m dari data kelompok mayoritas. Untuk titik tertinggi ( $y_t$ ), 6 kelompok (60%)

mendapatkan nilai sebesar 2,87 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 2,81 m, dan 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 2,84 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil 0,08 m dari data kelompok mayoritas; sedangkan data kelompok 5 lebih kecil 0,03 m dari data kelompok mayoritas. Untuk waktu jatuh ( $t$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 1,53 s dan 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,50 s. Ada perbedaan 0,03 s pada pengukuran mereka. Perbedaan data antarkelompok terjadi karena peserta didik kurang presisi saat meletakkan alat ukur pada titik terjauh ( $x_j$ ) dan titik tertinggi ( $y_t$ ). Namun demikian, sekalipun

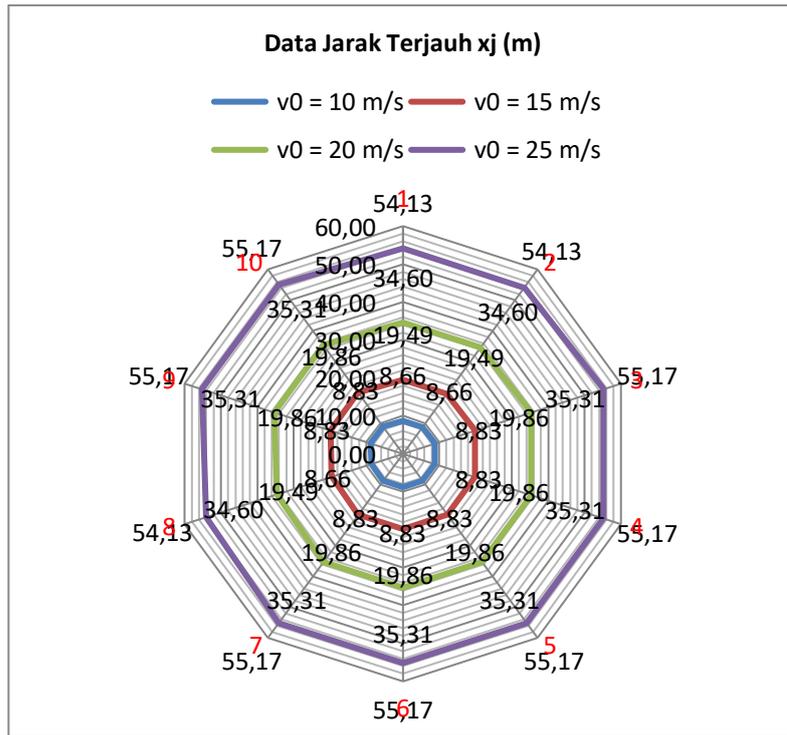
ada perbedaan nilai pengukuran, tampak bahwa kecenderungan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) adalah sama walaupun bentuk benda diubah-ubah. Hal ini dinyatakan sekali lagi oleh semua kelompok (100%) dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan menarik kesimpulan sehingga semua kelompok (100%) dapat menyimpulkan bahwa **bentuk benda tidak mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola**. Jadi Kegiatan 2 pada modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" ini dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami pengaruh **bentuk benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

**Kegiatan 3. Menyelidiki pengaruh kecepatan awal benda terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.**

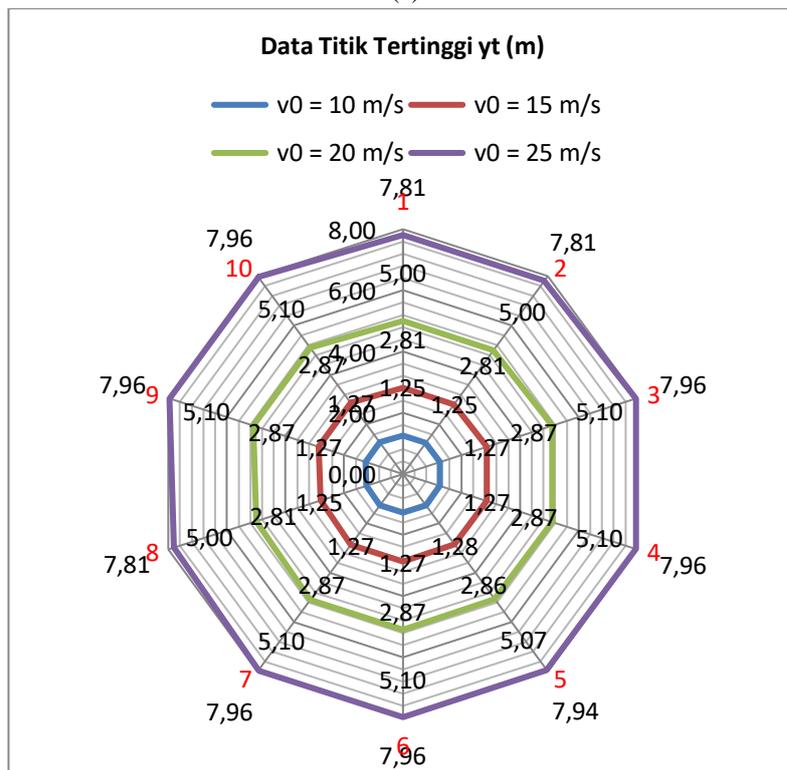
Kegiatan ini mengarahkan peserta didik untuk menyelidiki apakah **kecepatan awal benda ( $v_0$ )** mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. Peserta didik ditugaskan untuk menentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Lalu peserta didik diarahkan untuk melakukan simulasi dan merekam datanya. Data hasil percobaan dari semua kelompok dapat dilihat di Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8, ada empat variasi **kecepatan awal benda ( $v_0$ )**, yaitu 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, dan 25 m/s. Sama halnya dengan Kegiatan 1 dan Kegiatan 2, di Kegiatan 3 ini tampak bahwa masing-masing kelompok mendapatkan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) yang bervariasi pada masing-masing besaran. Berikut ini disajikan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) untuk variasi nilai kecepatan awal ( $v_0$ ) yang berurutan. Untuk jarak terjauh ( $x_j$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 8,83 m, 19,86 m, 35,31 m, dan 55,17 m serta 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 8,66 m, 19,49 m, 34,60 m, dan 54,13 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak

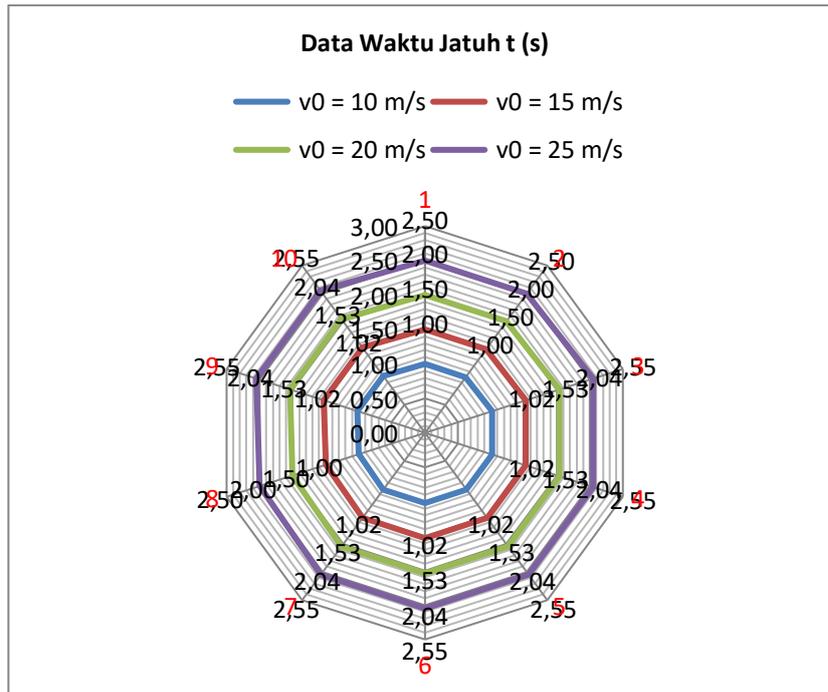
terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Untuk titik tertinggi ( $y_t$ ), 6 kelompok (60%) mendapatkan nilai sebesar 1,27 m, 2,87 m, 5,10 m, dan 7,96 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,25 m, 2,81 m, 5,00 m, dan 7,81 m; serta 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 1,28 m, 2,86 m, 5,07 m, dan 7,94 m. Kelompok 1, 2, 5, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Untuk waktu jatuh ( $t$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 1,02 s, 1,53 s, 2,04 s, dan 2,55 s serta 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,00 s, 1,50 s, 2,00 s, dan 2,50 s. Kelompok 1, 2, 8, dan 9 menuliskan data pengukuran waktu jatuh ( $t$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Dari ketiga pengukuran variabel jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) tampak ada perbedaan nilai pada pengukuran masing-masing kelompok. Perbedaan data antarkelompok disebabkan karena peserta didik kurang presisi saat meletakkan alat ukur pada titik terjauh ( $x_j$ ) dan titik tertinggi ( $y_t$ ). Namun demikian, sekalipun ada perbedaan nilai pengukuran, tampak bahwa kecenderungan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) adalah semakin besar saat kecepatan awal benda ( $v_0$ ) berubah semakin besar. Hal ini dinyatakan sekali lagi oleh semua kelompok (100%) dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan menarik kesimpulan sehingga semua kelompok (100%) dapat menyimpulkan bahwa **kecepatan awal benda ( $v_0$ )** mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. **Semakin besar kecepatan awal benda ( $v_0$ ), semakin besar jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola**. Jadi Kegiatan 3 pada modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" ini dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami pengaruh **kecepatan awal benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Data pengukuran jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola jika kecepatan awal benda diubah-ubah.

**Kegiatan 4.** Menyelidiki pengaruh **posisi awal benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.

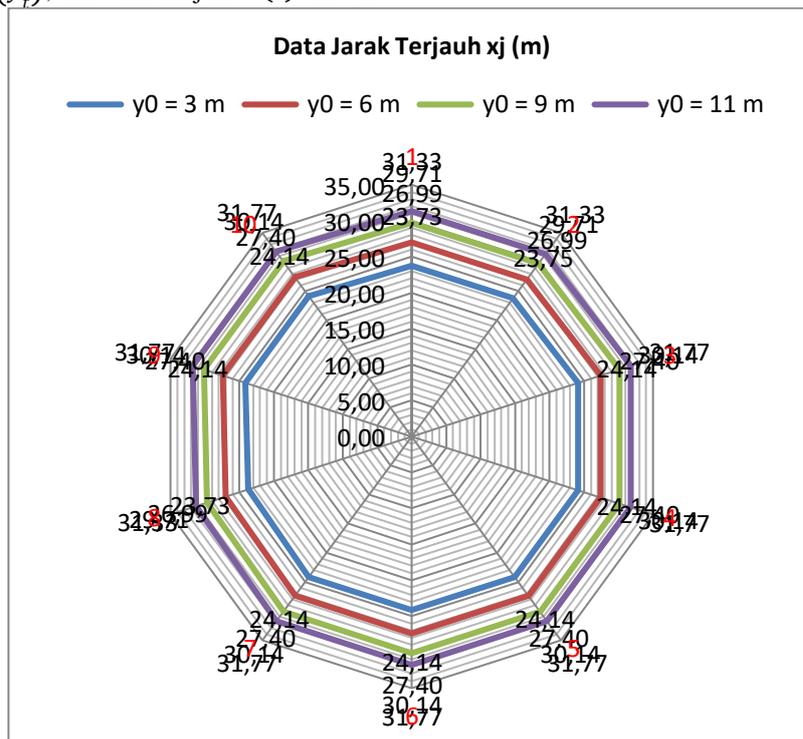
Pada Kegiatan 4 peserta didik ditugaskan untuk menyelidiki apakah **posisi awal benda** ( $y_0$ ) mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. Kemudian peserta didik ditugaskan untuk menentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Lalu peserta didik diarahkan untuk melakukan simulasi dan merekam datanya. Data hasil percobaan dari semua kelompok dapat dilihat di Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9, ada empat variasi **posisi awal benda** ( $y_0$ ), yaitu 3 m, 6 m, 9 m, dan 12 m. Sama halnya dengan Kegiatan 3, di Kegiatan 4 ini tampak bahwa masing-masing kelompok mendapatkan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) yang bervariasi pada masing-masing besaran. Berikut ini disajikan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) untuk variasi nilai posisi awal ( $y_0$ ) yang berurutan. Untuk jarak

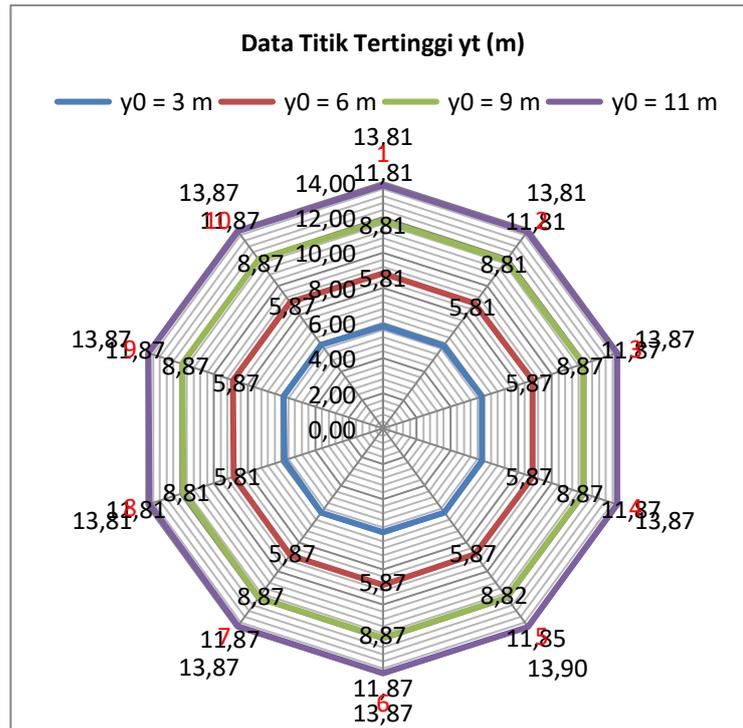
terjauh ( $x_j$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 24,14 m, 27,40 m, 30,14 m, dan 31,77 m serta 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 23,73 m (kecuali Kelompok 2), 26,99 m, 29,71 m, dan 31,33 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) bervariasi nilainya dan lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Untuk titik tertinggi ( $y_t$ ), 6 kelompok (60%) mendapatkan nilai sebesar 5,87 m, 8,87 m, 11,87 m, dan 13,87 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 5,81 m, 8,81 m, 11,81 m, dan 13,81 m; serta 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 5,87 m, 8,92 m, 11,85 m, dan 13,90 m. Kelompok 1, 2, 5, dan 8 menuliskan data pengukuran titik tertinggi ( $y_t$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas; namun ada satu data Kelompok 5 yang lebih besar daripada data kelompok mayoritas. Untuk waktu jatuh ( $t$ ), 7 kelompok (70%) mendapatkan nilai sebesar 1,86 s, 2,11 s, 2,32 s, dan 2,45 s serta 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,83 s, 2,08 s, 2,29 s, dan 2,41 s. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran waktu jatuh ( $t$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Dari ketiga

pengukuran variabel jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) tampak ada perbedaan nilai pada pengukuran masing-masing kelompok. Perbedaan data antarkelompok disebabkan karena peserta didik kurang presisi saat meletakkan alat ukur pada titik terjauh ( $x_j$ ) dan titik tertinggi ( $y_t$ ). Namun demikian, sekalipun ada perbedaan nilai pengukuran, tampak bahwa kecenderungan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) adalah semakin besar saat posisi awal benda ( $y_0$ ) berubah semakin besar. Hal ini dinyatakan sekali lagi oleh semua kelompok (100%) dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan menarik kesimpulan sehingga semua kelompok (100%) dapat menyimpulkan bahwa **posisi awal benda** ( $y_0$ ) mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda

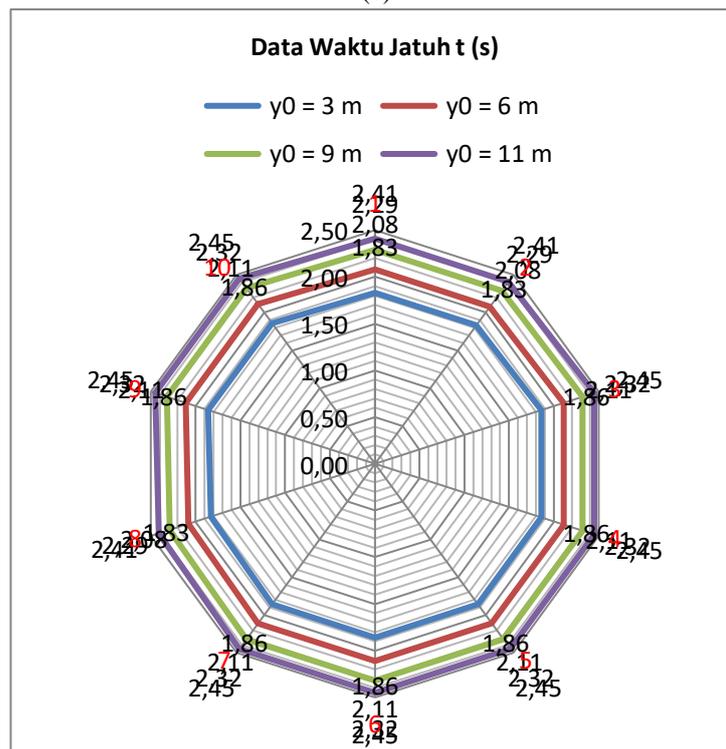
yang bergerak parabola. **Semakin besar posisi awal benda ( $y_0$ ), semakin besar jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola.** Jadi Kegiatan 4 pada modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" ini dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami pengaruh **posisi awal benda** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.



(a)



(b)



(c)

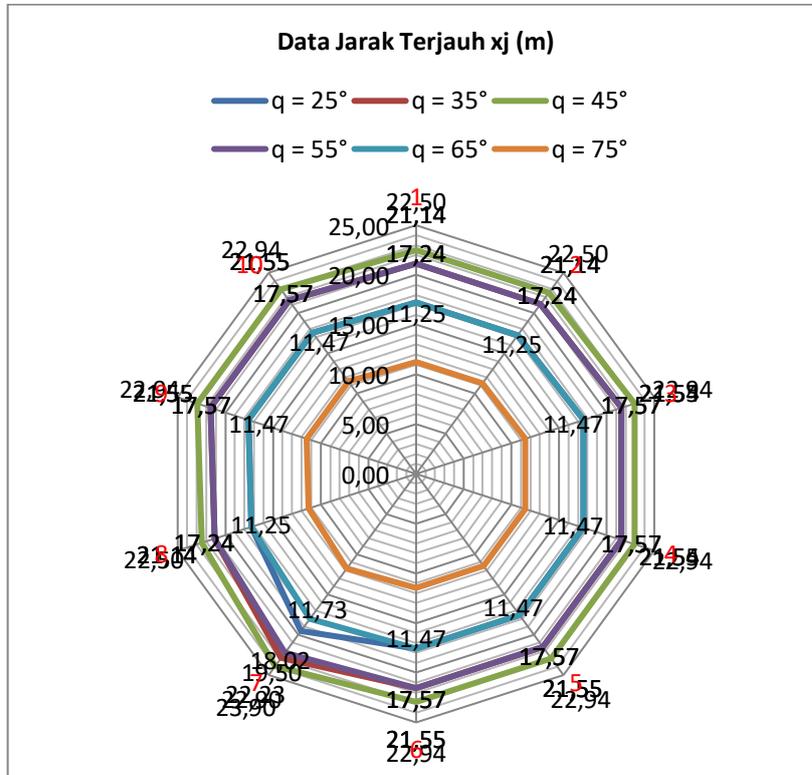
Gambar 9. Data pengukuran jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola jika posisi awal benda diubah-ubah.

tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara.

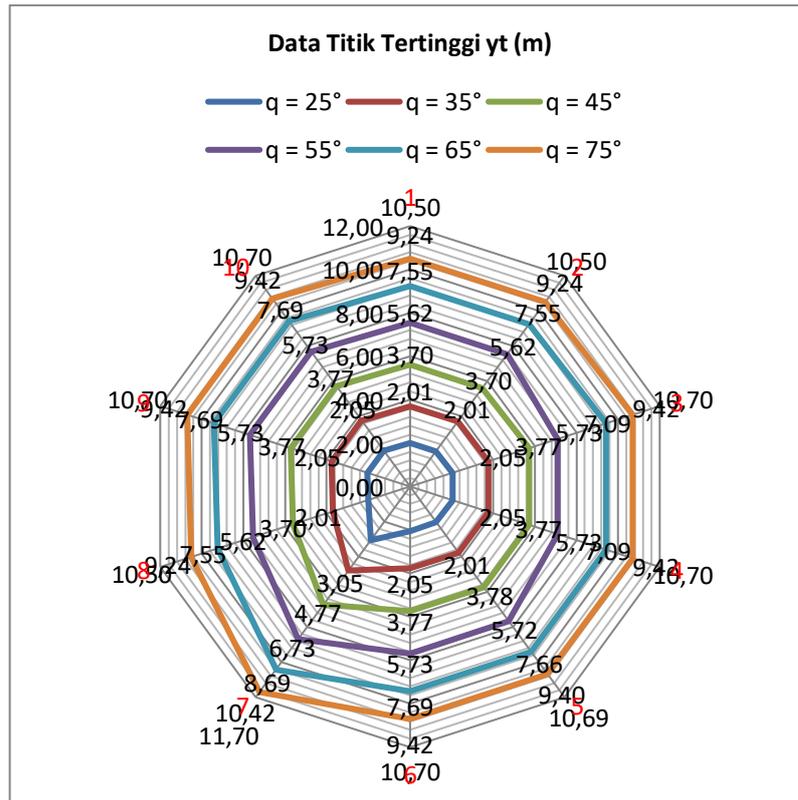
**Kegiatan 5. Menyelidiki pengaruh besar sudut elevasi terhadap jarak terjauh, titik**

Apakah sudut elevasi ( $\theta$ ) mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola menjadi pertanyaan utama pada Kegiatan 5. Peserta didik kembali

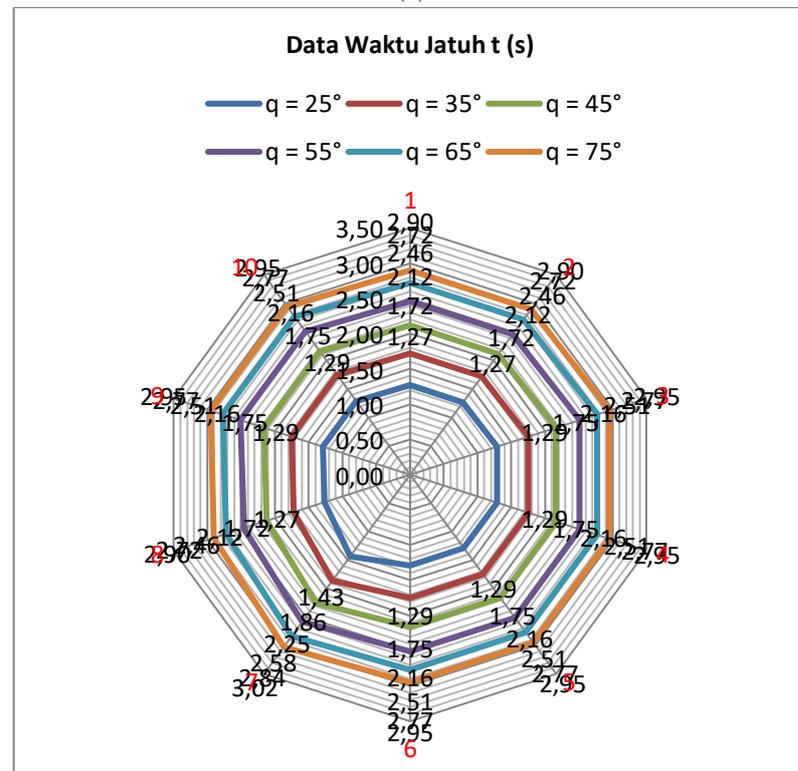
ditugaskan untuk menentukan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Selanjutnya peserta didik diarahkan untuk melakukan simulasi dan merekam datanya. Data hasil percobaan dari semua kelompok dapat dilihat di Gambar 10.



(a)



(b)



(c)

Gambar 10. Data pengukuran jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola jika sudut elevasi diubah-ubah.

Berdasarkan Gambar 10, ada enam variasi **sudut elevasi** ( $\theta$ ), yaitu  $25^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $65^\circ$ , dan  $75^\circ$ . Di Kegiatan 5 ini masih tampak bahwa masing-masing kelompok mendapatkan nilai jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) yang bervariasi pada masing-masing besaran. Berikut ini disajikan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) untuk variasi nilai **sudut elevasi** ( $\theta$ ) yang berurutan. Untuk jarak terjauh ( $x_j$ ), 6 kelompok (60%) mendapatkan nilai sebesar 17,57 m, 21,54 m atau 21,55 m, 22,94 m, 21,55 m, 17,57 m, dan 11,47 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 17,24 m, 21,14 m, 22,50 m, 21,14 m, 17,24 m, dan 11,25 m; serta 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 19,50 m, 22,90 m, 23,90 m, 22,23 m, 18,02 m, dan 11,73 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) bervariasi nilainya dan lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Kelompok 7 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) lebih besar daripada data kelompok mayoritas. Untuk titik tertinggi ( $y_t$ ), selain pada  $\theta = 55^\circ$ , 5 kelompok (50%) mendapatkan nilai sebesar 2,05 m, 3,77 m, 5,73 m, 9,42 m, dan 10,70 m; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 2,01 m, 3,70 m, 5,62 m, 9,24 m, dan 10,50 m; 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 2,01 m, 3,78 m, 5,72 m, 9,40 m, dan 10,69 m; serta 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 3,05 m, 4,77 m, 6,73 m, 10,42 m, dan 11,70 m. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) bervariasi nilainya dan lebih kecil daripada data kelompok mayoritas. Kelompok 7 menuliskan data pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ) lebih besar daripada data kelompok mayoritas. Data Kelompok 7 nilainya terlalu jauh daripada kesembilan kelompok yang lain, sehingga tidak akurat dan diprediksi ada ketidakteelitian saat mengukur. Pada  $\theta = 55^\circ$ , nilai yang terukur sangat bervariasi, sehingga perlu penegasan kembali soal ketepatan peletakkan alat ukur. Untuk waktu jatuh ( $t$ ), 6 kelompok (60%) mendapatkan nilai sebesar 1,29 s, 1,75 s, 2,16 s, 2,51 s, 2,77 s, dan 2,95 s; 3 kelompok (30%) mendapatkan nilai sebesar 1,27 s, 1,72 s, 2,12

s, 2,46 s, 2,72 s, dan 2,90 s; serta 1 kelompok (10%) mendapatkan nilai sebesar 1,43 s, 1,86 s, 2,25 s, 2,58 s, 2,84 s, dan 3,02 s. Kelompok 1, 2, dan 8 menuliskan data pengukuran waktu jatuh ( $t$ ) yang lebih kecil daripada data kelompok mayoritas; sedangkan Kelompok 7 menuliskan data pengukuran waktu jatuh ( $t$ ) lebih besar daripada data kelompok mayoritas. Dari ketiga pengukuran variabel jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) tampak ada perbedaan nilai pada pengukuran masing-masing kelompok. Perbedaan data antarkelompok terjadi karena peserta didik kurang presisi saat meletakkan alat ukur pada titik terjauh ( $x_j$ ) dan titik tertinggi ( $y_t$ ). Namun demikian, sekalipun ada perbedaan nilai pengukuran, tampak bahwa kecenderungan nilai titik tertinggi ( $y_t$ ) dan waktu jatuh ( $t$ ) adalah semakin besar saat sudut elevasi ( $\theta$ ) berubah semakin besar. Akan tetapi, fenomena unik terjadi pada pengukuran jarak terjauh ( $x_j$ ). Jika  $\theta < 45^\circ$ , maka semakin besar sudut elevasi ( $\theta$ ), semakin besar jarak terjauh ( $x_j$ ). Jika  $\theta = 45^\circ$ , maka semakin besar sudut elevasi ( $\theta$ ), jarak terjauh ( $x_j$ ) mencapai nilai maksimumnya. Jika  $\theta > 45^\circ$ , maka semakin besar sudut elevasi ( $\theta$ ), semakin kecil **jarak terjauh** ( $x_j$ ). Hal ini dinyatakan sekali lagi oleh semua kelompok (100%) dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan menarik kesimpulan sehingga semua kelompok (100%) dapat menyimpulkan bahwa **sudut elevasi** ( $\theta$ ), mempengaruhi jarak terjauh ( $x_j$ ), titik tertinggi ( $y_t$ ), dan waktu jatuh ( $t$ ) benda yang bergerak parabola. Jadi Kegiatan 5 pada modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" ini dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami pengaruh **sudut elevasi** terhadap jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

Di akhir modul, 9 kelompok (90%) dapat menyimpulkan bahwa **massa benda dan bentuk benda tidak mempengaruhi** jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara; serta **kecepatan awal benda, posisi**

awal benda, dan sudut elevasi mempengaruhi jarak terjauh, titik tertinggi, dan waktu jatuh benda yang bergerak parabola tanpa gesekan udara. Namun pada saat membuat rangkuman akhir, hanya 4 kelompok (40%) yang dapat membuat rangkuman akhir yang tepat dari seluruh kegiatan. Walaupun demikian, pada masing-masing kegiatan, respon mahasiswa menunjukkan bahwa mereka dapat mengikuti kegiatan dan menyimpulkan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pertanyaan penggiring untuk menuntun siswa merangkum hasil kegiatan. Penambahan kalimat penggiring ini menjadi masukan yang baik untuk merevisi modul. Jadi dengan demikian, modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami gerak parabola melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

#### Saran Perbaikan Modul

Setelah digunakan dalam praktikum mandiri di luar pertemuan tatap muka oleh 30 mahasiswa yang menjadi responden dalam penelitian ini, didapati bahwa masih diperlukan perbaikan-perbaikan pada modul. Pertama, sebelum kesimpulan dan rangkuman akhir, perlu diberi pertanyaan penggiring sekali lagi, minimal mengulang pertanyaan rumusan masalah yang ada di awal. Kedua, sebaiknya di modul diberi petunjuk dan halaman kosong supaya peserta didik dapat menyalin dan menempelkan (*copy-paste* atau *screenshot* atau *print-screen*) hasil simulasi dan pengukuran mereka pada simulasi PhET, supaya pengajar dapat mengecek hasil pengukuran siswa, apakah mereka sudah teliti meletakkan alat ukurnya atau belum. Ketiga, petunjuk pengukuran, khususnya peletakan alat ukur untuk mengukur titik tertinggi ( $y_t$ ), perlu diperjelas acuannya supaya ketidakteelitian pengukuran yang mungkin terjadi bisa diminimalisir. Keempat, sebaiknya modul praktikum mandiri ini dibuat *online*, supaya

pengajar dapat mengikuti atau merekam jejak aktivitas peserta didik, sehingga kemungkinan salah langkah dapat diantisipasi. Keenam, perlu perhitungan kuantitatif untuk mengonfirmasi pengukuran kualitatif.

#### SIMPULAN

Modul praktikum mandiri tentang gerak parabola menggunakan simulasi PhET "Projectile Motion" dapat dikatakan efektif digunakan untuk membantu siswa memahami gerak parabola melalui pembelajaran mandiri di luar jam tatap muka.

#### DAFTAR PUSTAKA

- M. U. Laga, D. N. Sudjito, D. Noviandini, P. S. Sains, and F. Sains, "Desain Modul Pembelajaran Mandiri Tentang Gerak Parabola Pada Bidang Datar Dengan Memperhitungkan Gesekan Udara," vol. 2, no. 2, pp. 42–53, 2019.
- L. Karanggulimu, D. N. Sudjito, and D. Noviandini, "TENTANG GERAK PARABOLA MENGGUNAKAN SIMULASI Ph ET " PROJECTILE MOTION ",," pp. 216–226.
- S. J. Shadday, N. A. Wibowo, and D. N. Sudjito, "Desain Modul Pembelajaran Mandiri tentang Gerak Parabola pada Bidang Miring dengan Gesekan Udara," vol. 10, no. 1, 2019.
- M. Pendidikan, D. A. N. Kebudayaan, and R. Indonesia, "No Title," pp. 1–6, 2013.
- L. Fidiana, S. Bambang, and D. Pratiwi, "PEMBUATAN DAN IMPLEMENTASI MODUL PRAKTIKUM FISIKA Info Artikel Abstrak Abstrak ct," vol. 1, no. 2252, 2012.
- <https://phet.colorado.edu/>