

$$= \dots \tag{4}$$

dan berlaku pula

$$= + \dots = - \dots \tag{5}$$

sehingga

$$= + \dots = + (\dots) = + \dots - \dots \tag{6}$$

dengan v_0 adalah kecepatan awal pada arah sumbu-y, v adalah kecepatan sepanjang sumbu-y, y adalah posisi sepanjang sumbu-y, a adalah percepatan benda dan g adalah percepatan gravitasi. Dengan mensubstitusi variabel waktu dari gerak lurus pada komponen sumbu-x, ke dalam persamaan posisi vertikal tersebut, diperoleh[7]:

$$= + (\dots) (\dots) - \dots (\dots) = + (\dots) - (\dots) \tag{7}$$

dan jika diambil syarat asumsi awal $v_0 = 0$ maka

$$= (\dots) - (\dots) \tag{8}$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa lintasan benda tersebut berbentuk parabola.

EKSPERIMEN

Alat dan Bahan

Perangkat percobaan dibuat dengan menggunakan bahan-bahan berupa pegas, pipa, bantalan roda, kawat, kotak kayu, roda gigi dan bola (lihat Gambar 2). Pegas dipasang di dalam pipa paralon dengan diameter 1,5 inchi, kemudian pipa dan pegas diletakkan di sebuah perangkat penopang yang dapat diputar dengan dibantu oleh sumbu tiga buah roda gigi. Jika pemutar digerakkan maka pipa dan pegas akan ikut berputar dan memberikan nilai sudut tertentu. Pada percobaan yang dilakukan, semua lontaran menggunakan besar sudut yang tetap. Pada ujung pipa paralon dibuat bantalan untuk menyimpan bola yang dilekatkan pada pegas, sehingga jika pegas ditarik, maka bantalan tersebut juga ikut tertarik dan jika pegas dilepas, bola yang berada diatas bantalan tersebut akan meluncur. Selain itu, pada pipa paralon juga diberi lubang yang menghubungkan pegas dengan kawat yang dapat digunakan untuk menarik dan melepas pegas. Keseluruhan alat tersebut dipasang didalam sebuah kotak yang terbuat dari balok kayu. Untuk menghindari gesekan antara sumbu roda gigi dengan kotak kayu, maka pada sisi kotak dipasang bantalan roda untuk menempatkan sumbu roda gigi tersebut.

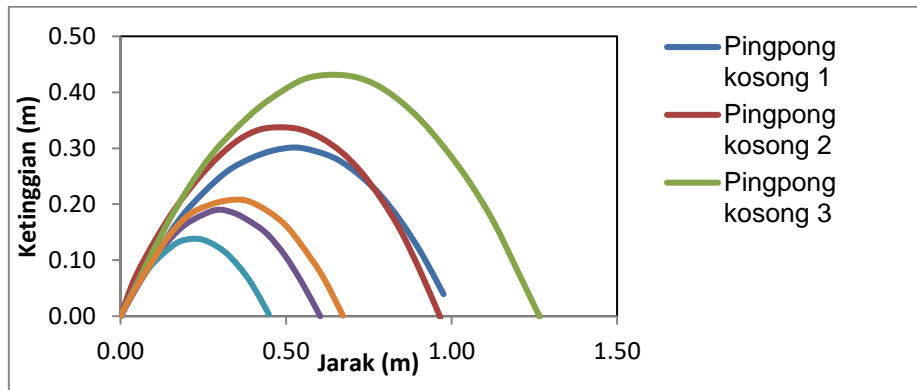


Gambar 2. Foto perangkat percobaan

PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Presisi Alat

Presisi alat dapat diketahui melalui percobaan dengan menggunakan 2 buah bola pingpong yang memiliki massa berbeda. Bola 1 adalah pingpong kosong dengan massa $(2,40 \pm 0,05)$ g dan bola 2 adalah pingpong yang diisi plastisin dengan massa $(35 \pm 0,05)$ g. Percobaan pada masing-masing bola dilakukan sebanyak tiga kali dengan besar sudut lontaran tetap. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh grafik seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Grafik lintasan parabola untuk ketinggian maksimum terhadap jarak maksimum dari hasil perekaman

Pada Gambar 3 terlihat bahwa dengan melontarkan dua buah bola dengan massa yang berbeda dengan tiga kali lontaran, bola tidak jatuh tepat pada satu titik. Beberapa hal yang harus diperhatikan jika menggunakan pegas sebagai pelontar adalah kecepatan sesaat awal yang diberikan pegas terhadap bola dari posisi 1 ke posisi 2. Untuk mengetahui besarnya kecepatan awal tersebut dapat menggunakan persamaan berikut

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{\sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}}{t_2 - t_1}$$

Dari persamaan tersebut diperoleh data kecepatan awal (sesaat) untuk masing-masing bola ketika dilontarkan seperti pada tabel dibawah.

Tabel 1. Kecepatan awal (sesaat) bola

No. bola	Massa (...±0,05) gr	Diameter (... ±0,0005) cm	v (m/s)
1	2,4	3,995	2.07
2	2,4	3,995	2.41
3	2,4	3,995	3.02
4	35	3,995	1.85
5	35	3,995	1.96
6	35	3,995	1.94

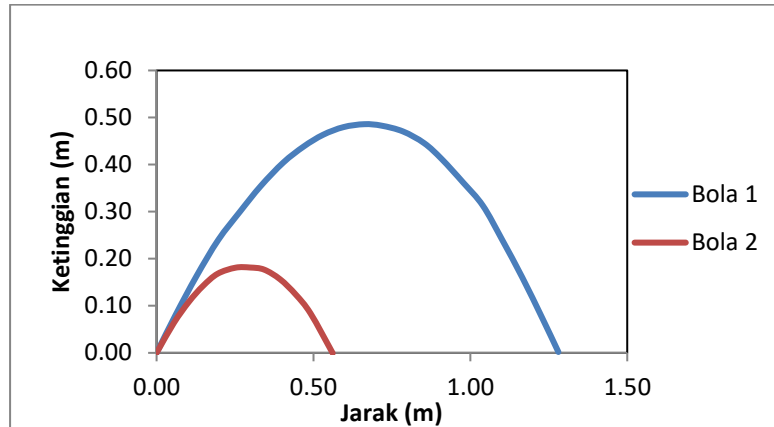
Dari Tabel 1 dapat terlihat bahwa kecepatan sesaat awal yang diberikan alat (pegas) terhadap bola berbeda pada msing-masing percobaan. Rata-rata kecepatan sesaat awal untuk bola 1 adalah 2,50 m/s sedangkan untuk bola 2 adalah 1,92 m/s. Untuk kedua bola yang memiliki massa yang berbeda, dimana bola 1 memiliki massa lebih kecil dibandingkan dengan bola 2, kecepatan awal (sesaat) pada bola 1 lebih besar daripada bola

Sehingga dapat diketahui bahwa pada percobaan ini bahwa massa berbanding terbalik dengan kecepatan awal (sesaat).

Pengaruh Massa Bola terhadap Jangkauan Maksimum

Salah satu hipotesis yang mempengaruhi jangkauan maksimum yang dicapai oleh bola pada percobaan ini adalah perbedaan massa. Untuk menjawab hipotesis tersebut, maka dilakukan percobaan dengan menggunakan dua bola yang memiliki massa berbeda namun dengan diameter yang sama. Bola 1 adalah

pingpong kosong dengan massa $(2,40 \pm 0,05)$ g dan bola 2 adalah pingpong yang diisi dengan plastisin yang bermassa $(35 \pm 0,05)$ g. Dari data percobaan diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.

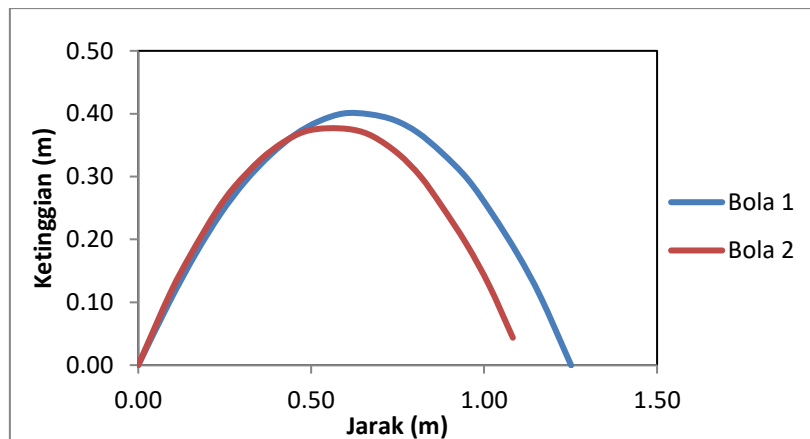


Gambar 4. Grafik pengaruh massa bola terhadap jangkauan terjauh

Dari grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa bola 1 yang memiliki massa jauh lebih kecil daripada bola 2 memiliki jangkauan terjauh yang lebih besar daripada bola 2. Sebagaimana yang telah diketahui dari percobaan 1 bahwa massa yang lebih kecil akan memperoleh kecepatan awal yang lebih besar, sehingga hal ini juga memberikan nilai jangkauan maksimum yang lebih besar.

Pengaruh Diameter Bola terhadap Jangkauan Maksimum

Selain massa, diameter bola juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jangkauan maksimum bola pada percobaan. Untuk mengetahui hal tersebut, dilakukan percobaan dengan menggunakan dua buah bola yang memiliki ukuran diameter yang berbeda dengan massa yang sama. Bola 1 memiliki diameter $(1,5500 \pm 0,0005)$ cm dan bola 2 memiliki diameter $(2,185 \pm 0,0005)$ cm. Dari data di atas diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengaruh diameter bola terhadap jangkauan maksimum

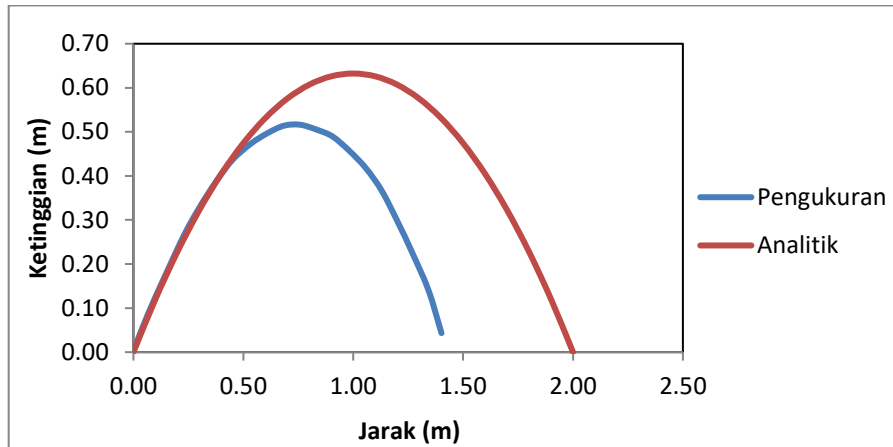
Dari grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa bola 1 yang memiliki diameter lebih kecil daripada bola 2 memiliki jangkauan terjauh yang lebih besar daripada bola 2. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gesekan udara yang dialami bola ketika dilontarkan. Sehingga bola 1 yang memiliki diameter lebih kecil dari pada bola 2 akan memperoleh gesekan udara yang lebih kecil dan memberikan nilai jangkauan maksimum yang lebih besar. Sebaliknya, karena bola 2 memiliki diameter lebih besar daripada bola 1, maka akan memperoleh gesekan udara yang lebih besar dan memberikan nilai jangkauan maksimum yang lebih kecil.

Perbandingan Pengukuran dan Analitik

Untuk melihat bentuk lintasan parabola secara pengukuran digunakan perangkat lunak tracker, sedangkan secara analitik, lintasan parabola diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y = (\tan \theta_0)x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} \right) x^2.$$

Setelah melakukan percobaan untuk membandingkan lintasan gerak parabola secara pengukuran dan analitik, diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan bentuk lintasan parabola secara pengukuran dan analitik

Dari grafik pada Gambar 6 terlihat bahwa terdapat perbedaan pada bentuk lintasan parabola secara pengukuran dan analitik, yaitu ketinggian maksimum dan jangkauan maksimum secara analitik lebih besar dibandingkan secara pengukuran. Hal ini membuktikan bahwa terdapat faktor lain yang mempengaruhi bentuk lintasan parabola yaitu massa dan gesekan udara dimana kedua faktor tersebut diabaikan pada persamaan kuadrat yang mendeskripsikan lintasan parabola.

KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan tentang gerak parabola dengan menggunakan pegas sebagai pelontar dan pelacakan video digital, dapat disimpulkan bahwa pada percobaan ini diperoleh beberapa faktor yang mempengaruhi jangkauan maksimum yaitu kecepatan awal (v_0) yang diberikan pegas kepada bola, massa bola dan diameter bola dimana jika massa dan diameter bola besar maka nilai jangkauan maksimumnya akan semakin kecil dan sebaliknya jika massa dan diameter bola kecil maka nilai jangkauan maksimumnya akan semakin besar. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain lama waktu ketika melepaskan kawat pegas, sehingga jika waktu yang diberikan kecil maka gaya dorong pegas yang diberikan kepada bola akan besar. Faktor lainnya adalah adanya energi yang hilang ketika melepaskan bola, antara lain disebabkan oleh gesekan yang terjadi pada pegas. Untuk percobaan selanjutnya sangat disarankan untuk menggunakan alat yang dapat memberikan kecepatan awal konstan kepada bola pada setiap percobaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Triati Dewi Kencana Wungu yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

1. Riyadi, Suprpto. *Korelasi Penalaran Konsep Fisika dan Penalaran Matematika terhadap Hasil Belajar Siswa di SMAN 15 Surabaya pada Pokok Bahasan Gerak Parabola*. Jurnal Mahasiwa Teknologi Pendidikan (2013)
2. Kristanti. *Pembuatan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer pada Sub Pokok Bahasan gerak Parabola untuk Siswa SMA*. Repository.wima.ac.id (2013)
3. Noviani. *Game angry Birds dan program Tracker Sebagai Media Pembelajaran Fisika pada Topik Gerak Parabola*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan (2013)
4. Handayani, Sri. *Fisika Untuk SMA dan MA Kelas XI*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional (2009)
5. Halliday & Resnick, *Fundamentals of Physics*. Jeal Walker (2003)
6. Atam P. Arya, *Introduction to Classical Mechanics*. Simon & Schuster (1998)
Reymond A. Serway & Chris Vuille. *College Physics*. Brooks/Cole (2006)