

Spring-based Projectile Launcher sebagai Alat Praktikum untuk menentukan Konstanta Pegas dan Percepatan Gravitasi

Jerfi, Marati Husna*, Abd Haji Amahoru, Ulil Azmi, dan Nurhasan

Abstrak

Gerak peluru dalam praktikum fisika biasanya hanya digunakan untuk mengamati gerak dua dimensi untuk menentukan percepatan gravitasi atau variabel lain seperti waktu atau jarak jatuhnya benda. Dengan melibatkan pegas sebagai sumber energi bagi gerak peluru, hukum kekekalan energi dapat diterapkan sehingga konstanta pegas dapat ditentukan dari gerak ini. Melalui penelitian ini, didesain suatu media pembelajaran berupa alat praktikum berbasis pegas yang dapat divariasikan untuk menentukan konstanta pegas dan konstanta percepatan gravitasi pada gerak peluru yaitu Spring-based Projectile Launcher. Metode yang digunakan adalah menembakkan bola dengan variasi simpangan pegas pada Spring-based Projectile Launcher. Konstanta pegas kemudian dapat ditentukan menggunakan hukum kekekalan energi yang terjadi selama bola mengalami gerak peluru. Diharapkan media ini menjadi alat praktikum yang komprehensif, yaitu dapat mengamati gerak peluru sekaligus menentukan konstanta pegas

Kata-kata kunci: konstanta pegas, alat praktikum, percepatan gravitasi, gerak peluru

Pendahuluan

Gerak peluru merupakan gerak dua dimensi, yaitu perpaduan gerak lurus beraturan pada sumbu horizontal dan gerak lurus berubah beraturan pada sumbu vertikal [1,2,3]. Dengan analisis dua dimensi tersebut, dapat dibuat alat praktikum untuk menentukan berbagai macam hal seperti percepatan gravitasi dan jarak jatuhnya benda [4,5]. Ketika digunakan pegas sebagai sumber energi bagi gerak peluru ini, maka terdapat kekekalan energi juga pada gerak peluru sehingga konstanta pegas dapat ditentukan dari gerak peluru yang diluncurkan dengan pegas [6,7].

Pada penelitian ini, didesain alat praktikum berbasis pegas agar lebih komprehensif, yaitu dapat menganalisa gerak dua dimensi sekaligus kekekalan energi dalam gerak peluru. Sehingga diharapkan alat praktikum ini dapat digunakan untuk menentukan tidak hanya konstanta pegas tetapi juga percepatan gravitasi.

Teori

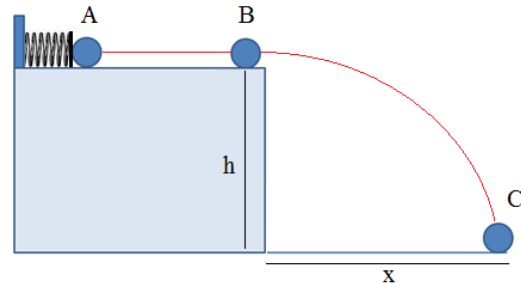
Gerak peluru berbasis pegas dapat digambarkan seperti pada Gambar 1. dengan asumsi bahwa permukaan licin dan tidak ada gesekan udara. Dengan menggunakan hukum kekekalan energi pada setiap posisi bola, maka dapat diungkapkan besaran kecepatan bola setiap posisi yang bergerak yaitu

$$mgh + \frac{1}{2}kd^2 = mgh + \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (1)$$

Dari Persamaan (1), m adalah massa bola, g adalah percepatan gravitasi, k adalah konstanta

pegas, d adalah simpangan pegas ketika ditarik (diberi gaya) dan v adalah kecepatan bola di titik B pada Gambar 1. Lintasan bola lurus sehingga ketinggian di A dan B sama. Maka konstanta pegas bernilai

$$k = \frac{mv^2}{d^2} \quad (2)$$



Gambar 1. Gerak peluru berbasis pegas

Sedangkan gerak bola dari posisi B ke C merupakan gerak peluru dengan hubungan kecepatan dengan jarak arah x adalah

$$x = v\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3)$$

Maka percepatan gravitasi dapat ditentukan dari Persamaan 3.

Spring-based Projectile Launcher yang dirancang dalam penelitian ini adalah alat praktikum berbasis pegas yang dapat divariasikan (Gambar 2). Variasinya berupa jenis pegas. Terdapat dua jenis pegas yang digunakan oleh Spring-based Projectile Launcher, yaitu pegas dengan bahan yang lebih

keras dan pegas dengan bahan yang lebih lunak. Konstanta acuan pegas keras dan pegas lunak yang digunakan adalah 165.5 dan 39.47. Konstanta ini diperoleh dari perhitungan melalui percobaan Hukum Hooke di mana beban dengan massa yang berbeda digantungkan pada pegas. Pada permukaan *Spring-based Projectile Launcher* dipasang lembaran white board untuk memungkinkan bola bergerak dengan gesekan minimum. Rancangan *Spring-based Projectile Launcher* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Spring-based Projectile Launcher*

Variasi pegas dipasang pada *Spring-based Projectile Launcher*. Dengan simpangan pegas (d) tertentu, bola bermassa m bergerak dari posisi A ke posisi B. Kecepatan bola yang melewati posisi B (v) diukur menggunakan *Photogate*. Diameter bola (s) serta selang waktu yang terukur oleh *Photogate* (t) saat bola melewati *Photogate* menghasilkan data kecepatan bola di posisi B. Diameter bola yang digunakan adalah 1,595 cm. Grafik (v) terhadap simpangan pegas (d) tersebut digunakan untuk menentukan konstanta pegas. Sedangkan jarak jatuh bola (x) serta ketinggian yang ditempuh (h) setelah terlontar oleh *Spring-based Projectile Launcher* merupakan variabel yang menentukan percepatan gravitasi. Jarak jatuhnya bola dihitung dari tempat bola diluncurkan sampai titik bola jatuh. Penentuan titik bola saat jatuh di lantai menggunakan kertas karbon yang diletakkan di area tempat jatuhnya bola. Dengan kata lain, *Spring-based Projectile Launcher* merupakan rangkaian alat pelontar dari kayu dengan variasi pegas yang dapat dibongkar pasang, *Photogate*, komputer, *Log Pro*, kertas karbon, dan penggaris panjang.

Hasil dan Diskusi

Hasil praktikum menggunakan *Spring-based Projectile Launcher* dapat dilihat pada tabel

berikut. Tabel 1 merupakan data hasil praktikum untuk menentukan konstanta pegas sedangkan Tabel 2 berisi data hasil praktikum untuk menentukan percepatan gravitasi.

Tabel 1 Data hasil praktikum untuk menentukan konstanta pegas.

Jenis Pegas	Exp	$v \pm 0.0002$ (m/s)	$d \pm 0.05$ (m)
Keras	1	3.3856	0.02
	2	4.170475	0.025
	3	5.16074	0.03
	4	5.908982	0.035
	5	7.054123	0.04
Lunak	1	1.71036	0.02
	2	2.135859	0.025
	3	2.671284	0.03
	4	3.243152	0.035
	5	3.267061	0.04

Untuk penentuan konstanta pegas, dibuat grafik kecepatan bola terhadap simpangan pegas. Berdasarkan kemiringan grafik pada Gambar 3 serta Persamaan 2, maka didapat nilai konstanta pegas untuk masing-masing jenis. Grafik tersebut terdiri dari dua kurva, kurva biru merupakan pegas keras, sedangkan kurva merah merupakan pegas lunak. Nilai masing-masing k dari grafik dapat dilihat di Tabel 3. Sedangkan Gambar 4 merupakan grafik jatuhnya benda terhadap kecepatan benda. Kemiringan grafik pada Gambar 4 dan Persamaan 3 menentukan nilai percepatan gravitasi seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 2 Data hasil praktikum untuk menentukan konstanta gravitasi

Jenis Pegas	Exp	$v \pm 0.0002$ (m/s)	$x \pm 0.05$ (m)
Keras	1	3.3856	1.3056
	2	4.170475	1.5764
	3	5.16074	1.9198
	4	5.908982	2.255
	5	7.054123	2.6842
Lunak	1	1.71036	0.621
	2	2.135859	0.748
	3	2.671284	1.0246
	4	3.243152	1.132
	5	3.267061	1.2734

Persentase perbedaan kedua konstanta pada percobaan terbilang kecil. Berdasarkan k referensi untuk pegas keras dan pegas lunak, maka persentase perbedaan untuk masing-masing k dari percobaan adalah 4.62 % dan

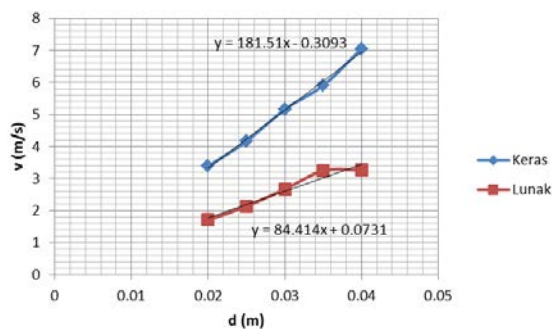
4.87 % (Tabel 3). Sedangkan untuk percepatan gravitasi, persentase perbedaan untuk masing-masing g dari percobaan adalah 7.12 % dan 2.20% (Tabel 4).

Tabel 3 Perbandingan konstanta pegas hasil percobaan dengan referensi

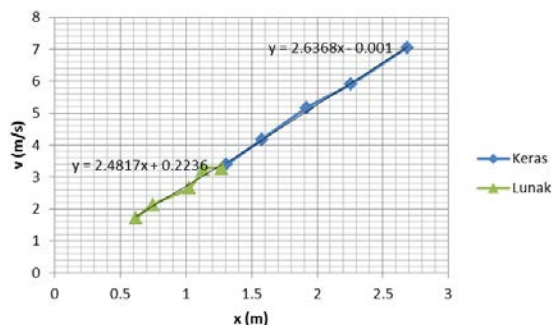
Jenis Pegas	k Hasil Percobaan (N/m)	k Referensi (N/m)	Persentase Perbedaan
Keras	173.144	165.5	4.62%
Lunak	10.0154	39.47	4.87%

Tabel 4 Perbandingan percepatan gravitasi hasil percobaan dengan referensi

Jenis Pegas	g Hasil Percobaan (m/s ²)	g Referensi (m/s ²)	Persentase Perbedaan
Keras	10.498	9.8	7.12%
Lunak	37.549	9.8	2.20%



Gambar 3. Grafik kecepatan bola terhadap simpangan pegas



Gambar 4. Grafik jarak jatuh terhadap kecepatan bola

Spring-based Projectile Launcher sebagai desain alat praktikum gerak peluru untuk menentukan konstanta pegas memiliki kendala, yaitu kurang stabilnya simpangan pegas saat divariasikan. Variasi pegas dilakukan dengan menarik pegas kemudian ditahan dengan tangan.

Semakin besar simpangan pegas, energi yang dibutuhkan tangan untuk menahan tarikan pegas semakin besar. Walaupun di ujung tangkai yang digunakan untuk menarik pegas terdapat kait, namun pada papan luncuran tidak terdapat tempat untuk menahan kaitan tersebut. Sehingga saat percobaan dengan simpangan pegas besar, sering terjadi pelontaran bola tanpa disengaja. Akan lebih baik apabila terdapat kaitan pada papan luncuran *Spring-based Projectile Launcher* untuk menahan pegas pada tiap variabel simpangan.

Dari persentase perbedaan konstanta percepatan gravitasi yang kecil, *Spring-based Projectile Launcher* dapat dikatakan sebagai alat praktikum gerak peluru yang ideal. Dengan inovasi penambahan pegas sebagai pelontar gerak peluru, terdapat energi kinetik pegas yang berperan saat pelontaran bola. Menurut hukum kekekalan energi, maka konstanta pegas pun dapat ditentukan. Dari hasil percobaan, konstanta pegas memiliki persentase perbedaan yang kecil dibandingkan dengan konstanta pegas referensi.

Konstanta pegas hasil percobaan memang memiliki persentase perbedaan yang baik, yaitu 4.62 % untuk pegas keras dan 4.82 % untuk pegas lunak. Masih adanya persentase perbedaan menunjukkan belum idealnya keadaan pada saat praktikum menggunakan *Spring-based Projectile Launcher*. Gesekan udara yang tidak bisa diabaikan serta permukaan *Spring-based Projectile Launcher* yang tidak terlalu licin merupakan beberapa hal yang menyebabkan masih adanya perbedaan nilai hasil praktikum dengan referensi walaupun sangat kecil (Tabel 3).

Berdasarkan paparan di atas, desain *Spring-based Projectile Launcher* dapat menjadi alat praktikum gerak peluru yang tidak hanya dapat digunakan untuk menentukan percepatan gravitasi, namun juga konstanta pegas. Desain alat dapat digunakan guru untuk membantu siswa memahami gerak peluru sekaligus kekekalan energi pada gerak peluru untuk menentukan konstanta pegas. Selain itu, *Spring-based Projectile Launcher* sangat mudah untuk dibuat serta digunakan. Bahan-bahannya seperti kayu, pegas, dan bola kelereng mudah didapat dan murah. Alat mudah dibuat dengan perangkaian menggunakan las dan paku. Dapat dibayangkan *Spring-based Projectile Launcher* merupakan alat praktikum yang ekonomis. Penggunaan alat cukup mudah dengan menarik pegas pada variasi regangan yang diinginkan. Pegas pun dapat dibongkar pasang menurut jenis bahan. Untuk penelitian selanjutnya, pegas dapat divariasikan tidak hanya dari jenis bahan tetapi juga rangkaiannya. Rangkaian dapat

berupa seri dan paralel dengan bahan yang sama ataupun seri dan paralel dengan bahan yang berbeda.

Kesimpulan

Spring-based projectile Launcher merupakan desain alat praktikum yang digunakan untuk menentukan tidak hanya percepatan gravitasi pada gerak peluru tapi juga konstanta pegas. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa *Spring-based Projectile Launcher* dapat menjadi alat praktikum gerak peluru sekaligus media bahan ajar bagi guru untuk membantu siswa memahami gerak dua dimensi pada gerak peluru dan kekelan energi pada pegas yang melontarkan bola. Hasil percobaan menggunakan *Spring-based Projectile Launcher* pun terbilang baik dengan persentase perbedaan konstanta pegas hasil percobaan dengan referensi sebesar 4.62 % untuk pegas keras dan 4.82 % untuk pegas lunak.

Referensi

- [1] David Halliday, Robert Resnick, dan Jearl Walker, "Principles of Physics", Penerbit John Wiley & Sons, California, USA, Edisi 9, 2011
- [2] Hugh D Young dan Roger A Freedman, "Fisika Universitas", Edisi kesepuluh, jilid 2, Pantur Silaban, (Alih Bahasa), Amalia Safitri dan Santika (editor), Penerbit Erlangga, Jakarta, 2002
- [3] Paul A, Tripler, "Fisika untuk Sains dan Teknik", Edisi 3 Jilid 2, Bambang Soegijono (Alih Bahasa), Wibi Hardani (Editor), Penerbit Erlangga, Jakarta, 2001
- [4] Peter Chudinov, "Approximate Analytical Description of The Projectile Motion with a Quadratic Drag Force", Athens Journals of Natural and Formal Sciences 2014, Vol. 1 No. 2, pp. 97 – 106
- [5] Anne Prescott dan Michael Mitchelmore, "Student Misconception about Projectile Motion", pp 633 – 640
- [6] Jozef Hanc dan Edwin F. Taylor, "From Conservation Energy to The Principle of Least Action: A Story Line", American Journal of Physics April 2004, Vol. 72, pp. 514 -521
- [7] Loyd, David H. 2008. "Physics Laboratory Manual: Third Edition". David Harris Publisher.

Jerfi

Program Studi Pengajaran Fisika
Institut Teknologi Bandung
fjerfi@gmail.com

Marati Husna*

Program Studi Pengajaran Fisika
Institut Teknologi Bandung
maratihusna@gmail.com

Abd Haji Amahoru

Program Studi Pengajaran Fisika
Institut Teknologi Bandung
aji14amahoru@gmail.com

Ulil Azmi

Program Studi Pengajaran Fisika
Institut Teknologi Bandung
ulil@fi.itb.ac.id

Nurhasan

Kelompok Keahlian Fisika Bumi dan Sistem Kompleks
Institut Teknologi Bandung
nurhasan@fi.itb.ac.id

*Corresponding author