

ANALISIS PENGARUH MASSA JENIS KELERENG TERHADAP NILAI KOEFISIEN RESTITUSI PADA TUMBUKAN KELERENG DENGAN LANTAI MENGGUNAKAN SMARTPHONE BERBANTUAN APLIKASI PHYPOX

Bayu Edy Prabowo¹, Albertus Djoko Lesmono^{2*}, Rif'ati Dina Handayani²

¹Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember

^{2*)} Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember

²Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember

e-mail: bayuediprabowo@gmail.com, *

ABSTRACT

The research is motivated by the shortcomings in the use of video tracker applications to measure the height of the marble bounce where the camera used to record the marble bounce must have a certain quality so that the video can be analyzed properly by the video tracker application. The purpose of this study is to analyze the effect of the density of marbles on the value of the coefficient of restitution on the collision of marbles with the floor using a smartphone assisted by the Phypox application. This research is an experimental research using graph analysis method. The results showed that marbles with a density of 950 kg/m³ produced a restitution coefficient of 420.1×10^{-3} , marbles with a density of 1400 kg/m³ produced a restitution coefficient of 574.4×10^{-3} , marbles with a density of 2400 kg/m³ produced a restitution coefficient of 831.7×10^{-3} , marbles with a density of 2700 kg/m³ produced a restitution coefficient of 878.1×10^{-3} , and marbles with a density of 7600 kg/m³ produced a restitution coefficient of 888.8×10^{-3} . Based on the graph analysis, it is concluded that the coefficient of restitution of the impact of the marbles with the floor is getting bigger and closer to the value of 1 if the density of the marbles increases.

Keywords: Coefficient of Restitution, Density, Phypox Application

PENDAHULUAN

Fisika dibangun berdasarkan pengalaman empiris yang didasarkan pada fakta dan data (Riwanto *et al.*, 2019). Beberapa konsep Fisika dibentuk melalui analisis matematis kemudian diuji melalui eksperimen di laboratorium agar mendapatkan hasil yang lebih baik dan efektif (Lima *et al.*, 2021). Eksperimen tertentu membutuhkan alat khusus contohnya peristiwa tumbukan antara dua benda yang berlangsung dalam waktu singkat memerlukan alat rekam yang baik untuk mengambil data yang diperlukan untuk menghitung nilai momentum dan koefisien restitusinya (Lima *et al.*, 2021). Contohnya pada eksperimen tumbukan kelereng dengan lantai jika proses pengamatan parameter gerak pada eksperimen tersebut dilakukan secara manual yaitu menggunakan *stopwatch* maka rentan terjadi kesalahan baik berupa ketelitian alat ukur maupun subjektivitas pengamat terutama jika data yang dikumpulkan lebih dari satu pantulan (Astro *et al.*, 2018).

Kemajuan teknologi saat ini telah memunculkan berbagai aplikasi yang dapat mempermudah eksperimen Fisika, salah satunya ialah *Video Tracker* (Fiqry, 2021). *Video Tracker* memiliki keistimewaan untuk menyajikan gejala Fisika secara nyata dengan representasinya berupa data dan grafik (Khotijah *et al.*, 2019). *Video Tracker* dapat digunakan untuk menganalisis berbagai video berkaitan dengan kejadian alam terutama yang berhubungan dengan kelajuan, kecepatan, medan gravitasi, dan konversi energi (Habibulloh dan Madlazim, 2014). Namun, *Video Tracker* memiliki kelemahan dalam penelitian tumbukan kelereng dengan lantai yaitu *frame* tidak mampu menangkap posisi kelereng ketika kelereng mencapai ketinggian maksimum maupun saat kelereng tepat menumbuk lantai (Juita *et al.*, 2020). Hal tersebut didukung dengan penelitian Oktaviyanti (2021) yang menyebutkan bahwa kamera yang digunakan pada eksperimen menggunakan *Video Tracker* haruslah memiliki resolusi tinggi dan *framerate per second* yang memadai untuk mendapatkan hasil yang baik (Oktaviyanti, 2021).

Lima *et al.* (2021) menjelaskan bahwa kelemahan pengamatan menggunakan *Video Tracker* dapat digantikan menggunakan aplikasi *Phypox* yang memiliki kemampuan untuk mencatat ketinggian kelereng saat terjadi pantulan dengan baik. *Physical Phone Experiments (Phypox)* merupakan aplikasi

yang dapat memudahkan peneliti untuk melakukan eksperimen Fisika melalui *smartphone* (Staacks *et al.*, 2018). *Phyphox* memanfaatkan berbagai macam sensor pada *smartphone* sehingga dapat digunakan untuk pengamatan kecepatan, akselerasi, suara, frekuensi, kecerahan, dan tekanan (Novitasari dan Tulandi, 2021).

Oktaviyanti (2021) menjelaskan bahwa massa jenis kelereng memiliki hubungan dengan besar koefisien restitusi yang tuliskan dalam persamaan berikut :

$$\ln e^2 = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{2k(h+H)}{V} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

H : Ketinggian kelereng sebelum tumbukan (m)

h : Ketinggian kelereng setelah tumbukan (m)

e : Nilai koefisien restitusi

ρ : Massa jenis (kg/m^3)

V : Volume (m^3)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

k : Konstanta Hambatan Udara

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen menggunakan 5 jenis kelereng yaitu kayu, karet, marmer, kaca dan besi. Jenis lantai yang digunakan ialah lantai keramik. Penelitian ini menggunakan aplikasi *Phyphox* untuk mengukur data koefisien restitusi kelereng. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode analisis grafik dengan bantuan *software microsoft excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan kelereng bermassa jenis $9,5 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ menghasilkan nilai koefisien restitusi sebesar $4,2 \times 10^{-1}$, kelereng bermassa jenis $1,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ menghasilkan nilai koefisien restitusi sebesar $5,7 \times 10^{-1}$, kelereng bermassa jenis $2,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ menghasilkan koefisien restitusi sebesar $8,3 \times 10^{-1}$, kelereng bermassa jenis $2,9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ menghasilkan koefisien restitusi sebesar $8,8 \times 10^{-1}$, dan kelereng bermassa jenis $7,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ menghasilkan koefisien restitusi sebesar $8,9 \times 10^{-1}$. Hasil pengukuran massa jenis kelereng ditampilkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Massa Jenis Kelereng

No	Kelereng	Massa (kg)	Diameter (m)	Diameter Rata-Rata (m)	Jari-Jari (m)	Volume (m^3)	Massa Jenis (kg/m^3)
1	Kayu	2×10^{-3}	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$2,1 \times 10^{-6}$	$9,5 \times 10^2$
			$1,6 \times 10^{-2}$				
			$1,6 \times 10^{-2}$				
2	Karet	3×10^{-3}	$1,59 \times 10^{-2}$	$1,59 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$2,1 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^3$
			$1,59 \times 10^{-2}$				
			$1,59 \times 10^{-2}$				
3	Marmer	5×10^{-3}	$1,58 \times 10^{-2}$	$1,58 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$2,1 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^3$
			$1,58 \times 10^{-2}$				
			$1,58 \times 10^{-2}$				
4	Kaca	6×10^{-3}	$1,61 \times 10^{-2}$	$1,61 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$2,1 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^3$
			$1,61 \times 10^{-2}$				
			$1,61 \times 10^{-2}$				
5	Besi	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,59 \times 10^{-2}$	$1,59 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$2,1 \times 10^{-6}$	$7,6 \times 10^3$
			$1,59 \times 10^{-2}$				
			$1,59 \times 10^{-2}$				

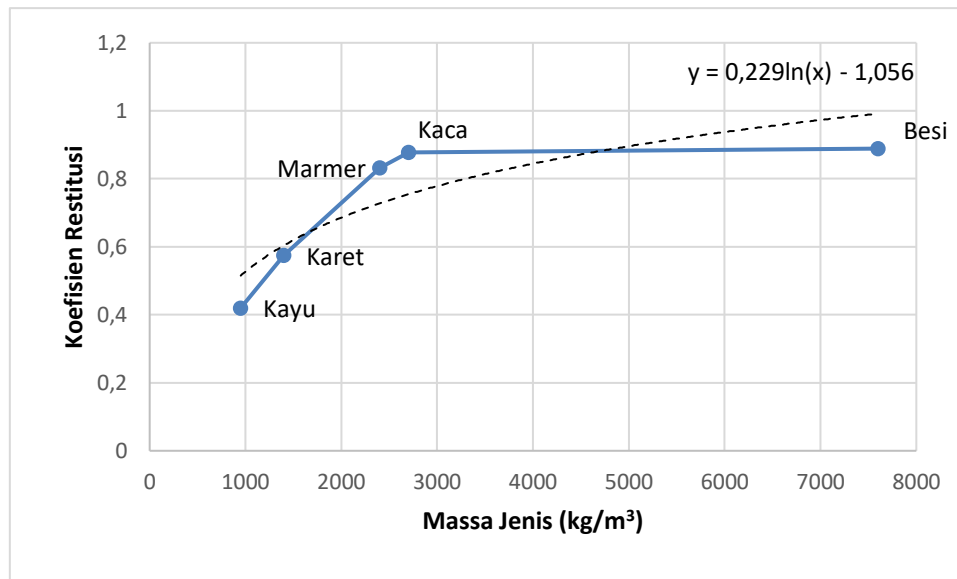
No	Kelereng	Massa (kg)	Diameter (m)	Diameter Rata-Rata (m)	Jari-Jari (m)	Volume (m ³)	Massa Jenis (kg/m ³)
$1,59 \times 10^{-2}$							

Hasil pengukuran koefisien restitusi kelereng ditampilkan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2 Hasil Pengukuran Koefisien Restitusi Kelereng

No	Kelereng	Ketinggian			Koefisien restitusi	Rata-Rata Koefisien restitusi
		h0	h1	h2		
1	Kayu	29,79	11,63	4,540	$3,9 \times 10^{-1}$	$4,2 \times 10^{-1}$
		29,76	13,29	5,980	$4,5 \times 10^{-1}$	
		29,74	12,49	5,240	$4,2 \times 10^{-1}$	
		29,66	13,00	5,700	$4,4 \times 10^{-1}$	
		30,17	12,12	4,870	$4,0 \times 10^{-1}$	
2	Karet	29,98	17,01	9,650	$5,7 \times 10^{-1}$	$5,7 \times 10^{-1}$
		30,47	17,45	9,990	$5,7 \times 10^{-1}$	
		30,28	17,37	9,960	$5,7 \times 10^{-1}$	
		29,99	17,39	10,09	$5,8 \times 10^{-1}$	
		30,07	17,40	10,07	$5,8 \times 10^{-1}$	
3	Marmar	29,60	24,94	21,02	$8,4 \times 10^{-1}$	$8,3 \times 10^{-1}$
		30,23	24,64	20,08	$8,1 \times 10^{-1}$	
		29,97	25,59	21,85	$8,5 \times 10^{-1}$	
		29,99	24,96	20,77	$8,3 \times 10^{-1}$	
		30,09	24,52	19,98	$8,1 \times 10^{-1}$	
4	Kaca	30,03	25,23	21,20	$8,4 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-1}$
		30,15	26,72	23,68	$8,9 \times 10^{-1}$	
		30,27	26,99	24,07	$8,9 \times 10^{-1}$	
		30,06	26,55	23,46	$8,8 \times 10^{-1}$	
		30,04	26,70	23,73	$8,9 \times 10^{-1}$	
5	Besi	30,15	26,71	23,52	$8,8 \times 10^{-1}$	$8,9 \times 10^{-1}$
		30,24	26,89	23,92	$8,9 \times 10^{-1}$	
		29,93	26,53	23,52	$8,9 \times 10^{-1}$	
		29,81	26,88	24,24	$9,0 \times 10^{-1}$	
		30,04	26,61	23,57	$8,9 \times 10^{-1}$	

Berdasarkan data massa jenis dan koefisien restitusi yang telah didapat maka dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik Pengaruh Massa Jenis dengan Koefisien Restitusi

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 menunjukkan nilai koefisien restitusi kelereng yang mengalami kenaikan, dimana semakin besar massa jenis kelereng maka nilai koefisien restitusi yang dihasilkan akan semakin besar. Garis *trend* data dengan persamaan garis $y = 0,2292 \ln(x) - 1,0561$ menunjukkan bahwa kenaikan nilai koefisien restitusi kelereng bertambah secara logaritmik dan membentuk grafik eksponensial. Pertambahan secara logaritmik yang dimaksud ialah ketika nilai massa jenis kelereng semakin besar maka nilai koefisien restitusi kelereng akan semakin besar mendekati angka 1. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Oktaviyanti (2021) yang menjelaskan bahwa semakin besar massa jenis maka nilai koefisien restitusi akan semakin besar secara logaritmik dan membentuk grafik eksponensial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa massa jenis kelereng berpengaruh terhadap koefisien restitusi kelereng. Semakin besar massa jenis kelereng maka nilai koefisien restitusi kelereng akan semakin besar mendekati angka 1 dan membentuk grafik eksponensial. Saran yang dapat peneliti berikan untuk penelitian selanjutnya ialah dengan menambah variasi massa jenis kelereng yang digunakan dan jenis lantai yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astro, R. B., F. Ratnaningsih, R. Asmarani, H. Aimon, dan N. Kurniasih. 2018. Penentuan Momen Inersia Katrol pada Pesawat Atwood dengan Metode Video Tracking. *Seminar Nasional Pembelajaran Sains (SNIPS)* : 32-39.
- Fiqry, R. 2021. Persepsi Mahasiswa Terhadap Pemanfaatan Aplikasi Sensor Smartphone untuk Praktikum. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan (JIIP)*. 4 (2) : 103-108. <https://doi.org/10.54371/jiip.v4i2.213>
- Habibulloh, M., dan Madlazim. 2014. Penerapan metode analisis video software tracker dalam pembelajaran Fisika konsep gerak jatuh bebas untuk meningkatkan keterampilan proses siswa kelas X SMA N 1 Sooko Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 4(1) : 15-12. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v4n1.p15-22>

- Juita, S. T., M. S. Seko, A. Y. Seku, S. Ahmad, dan R. B. Astro. 2020. Penentuan koefisien restitusi benda menggunakan metode Video Tracking. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1): 46 - 53. <https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.365>
- Khotijah, Arsini, dan S.R. Anggita. 2019. Pengembangan praktikum Fisika materi Hukum Kekekalan Momentum menggunakan aplikasi Video Tracker. *Physics Education Research Journal*. 1(1) : 37 – 45. <https://doi.org/10.21580/perj.2019.1.1.3961>
- Lima, Y. D., K. B. Liwun, F. Y. Ecing, E. M. Pora, R. B. Astro, dan Y. E. Ika. 2021. Penentuan Koefisien Restitusi Menggunakan Aplikasi Phypox. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*. 17 (3) : 226-239. <https://doi.org/10.35580/jspf.v17i3.26878>
- Novitasari, S., dan D. A. Tulandi. 2021. Pengembangan panduan praktikum online menggunakan smartphone berbasis aplikasi Phypox. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 2 (1) : 35 – 42. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v2i1.77>
- Oktaviyanti, E. 2021. Analisis Hubungan Massa Jenis Bola Pejal dengan Nilai Koefisien Restitusi. *Skripsi*. Jember : Program Sarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Riwanto, D., A. Azis, dan K. Arafah. 2019. Analisis pemahaman konsep peserta didik dalam menyelesaikan soal-soal Fisika kelas X Mia SMA Negeri 3 Soppeng. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 15 (2) : 23-31. <https://doi.org/10.35580/jspf.v15i2.11033>
- Staacks, S., S. Hiitz, H. Heinke, dan C. Stampfer. 2018. Advanced Tools for Smartphone-Based Experiment : Phypox. *Physics Education*. 53 (4). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>