

Menentukan Koefisien Restitusi Tumbukan dengan Analisis Konversi Sudut Penyimpangan

M Y Kholifudin

SMA Negeri 2 Kebumen, Jl. Cincin Kota No. 8 Kebumen, Jawa Tengah

E-mail: by_fis@yahoo.co.id

Abstrak. Telah dilakukan pembelajaran fisika berbasis praktikum tumbukan dengan tujuan menentukan besar koefisien restitusi tumbukan 2 bola mainan yang digantung pada statip dengan seutas tali dengan analisis konversi sudut penyimpangan sebelum dan sesudah tumbukan ke besaran kecepatan. Alat yang digunakan bola tek-tek, bola pingpong, bola bekel karet bening, busur, statip. Pengambilan data dilakukan oleh 8 kelompok praktikum tiap kelompok terdiri 4 peserta didik pada kelas X IPA1 SMA Negeri 2 Kebumen semester 2 tahun pelajaran 2017/2018. Diperoleh simpulan dari analisis data konversi sudut penyimpangan sebelum dan setelah tumbukan ke besaran kecepatan, koefisien restitusi tumbukan rata-rata; antar bola tek-tek sebesar 0,18, bola tek-tek dengan bola bekel sebesar 0,26, bola tek-tek dengan bola pingpong sebesar 0,64. Sehingga ketiga tumbukan tersebut termasuk tumbukan lenting sebagian yang mempunyai rentang koefisien restitusi $0 < e < 1$. Peserta didik selama proses pembelajaran dapat melakukan dengan seksama, pembelajaran menyenangkan sambil bermain dan praktikum tumbukan ini dapat dilakukan sebagai alternatif proses pembelajaran kompetensi pada KI-4.

Kata kunci: tumbukan, sudut penyimpangan, koefisien restitusi

Abstract. Physical practicum-based learning on collision was been carried out with the aim of knowing the magnitude of the coefficient of restitution of collision of 2 toy balls that are hung on station with a rope by analyzing the conversion of angle of the deviation before and after collision to the magnitude of velocity. The instruments used in the practicum were “tek-tek” balls, “ping-pong” balls, clear rubber ball, bow, stationary. Data collection was taken from the 8 practicum groups each of which consists of 4 students in class X IPA 1 of Senior High School 2 Kebumen in the 2nd semester of the school year 2017/2018. Conclusions obtained from data analysis are the conversion of angle of deviation before and after collision to the magnitude of velocity, average collision coefficient; between “tek-ball” was 0.18, “tek-tek” ball with clear rubber ball was 0.26, “tek-tek” ball with “pingpong” ball was 0.64. So that the three collisions include a partially resilient collision which has a range of restitution coefficients $0 < e < 1$. Students did the practicum carefully, students had fun learning while playing and collision. This practicum can be done as an alternative to teach the competency on KI-4.

Keywords: collision, angle of deviation, coefficient of restitution

1. Pendahuluan

Bola mainan anak-anak banyak kita jumpai dan mudah diperoleh dan dijual murah, misalnya bola pingpong, bola bekel dan bola tek-tek, peserta didik sebagian besar hanya mengenal nama saja sedangkan untuk bermain main pada saat kecil jarang bahkan ada yang belum pernah, hal tersebut disebabkan dunia anak milenial sekarang banyak bermain yang berbasis game playstation internet. Pada proses pembelajaran materi tumbukan impuls, dan momentum, penulis mengajak peserta didik

untuk menikmati proses pembelajaran fisika sambil bermain mengenang masa kecil yang pernah mengalami dan yang belum pernah menjadikan ini sebagai arena belajar dan bermain.

Kegiatan pembelajaran dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. Kegiatan ini dilakukan secara sistematis dan sistemik melalui proses eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasi. Dengan demikian proses pembelajaran sepenuhnya diarahkan pada pengembangan ketiga ranah tersebut secara utuh/holistik, artinya pengembangan ranah yang satu tidak bisa dipisahkan dengan ranah lainnya. Dengan demikian proses pembelajaran secara utuh melahirkan kualitas pribadi yang mencerminkan keutuhan penguasaan sikap, pengetahuan, dan keterampilan [1].

Dengan demikian seorang guru fisika harus kreatif dan inovatif untuk dapat menciptakan proses pembelajaran fisika yang bermakna sesuai dengan kebutuhan siswa dan keadaan sarana prasarana sekolah misalnya proses pembelajaran di laboratorium menentukan koefisien restitusi 2 buah benda bertumbukan dengan menggunakan bola mainan anak-anak untuk praktikum. Pada proses pembelajaran fisika melalui praktikum pada siswa terjadi proses pembelajaran yang penuh dengan real dan logika berpikir sehingga terjadi peningkatan aktivitas kerja ilmiah dan sikap ilmiah siswa mulai dari proses berpikir kritis, kreatif, tekun, sabar, disiplin, tanggung jawab, kerjasama, dapat melakukan praktikum dengan benar sesuai prosedur, lebih terampil menggunakan alat praktikum dan konsep pemahaman fisika siswa bisa meningkat [2]

Melihat latar belakang tersebut penulis dalam menyampaikan materi momentum, impuls dan tumbukan dengan proses pembelajaran berbasis eksperimen yaitu tumbukan 2 bola mainan yang digantung dengan seutas tali pada statip dengan tujuan menentukan besar koefisien tumbukan 2 bola mainan dengan analisis data konversi sudut penyimpangan sebelum dan sesudah tumbukan dengan menggunakan bantuan olah data microsoft excel dan meningkatkan kerja ilmiah peserta didik kelas X IPA 1 SMA Negeri 2 Kebumen tahun pelajaran 2017/2018

Momentum

Momentum (p) adalah besaran vektor yang dimiliki oleh benda yang bergerak dengan kecepatan tertentu, momentum merupakan besaran vektor dirumuskan dengan persamaan :

$$\vec{p} = m \times \vec{v} \quad (1)$$

Keterangan: \vec{p} = momentum (kg ms^{-1})
 m = massa benda (kg)
 \vec{v} = kecepatan benda (ms^{-1})

Impuls

Impuls (I) adalah suatu besaran vektor gaya yang bekerja pada suatu benda dalam waktu singkat yang menyebabkan benda bergerak dengan kecepatan. Impuls merupakan besaran vektor dirumuskan dengan persamaan:

$$\vec{I} = \vec{F} \times \Delta t \quad (2)$$

Keterangan: \vec{I} = Impuls gaya (N s)
 \vec{F} = gaya (N)
 Δt = selang waktu (s)

Hubungan besaran momentum dan Impuls adalah impuls sama dengan perubahan momentum dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \vec{I} &= \Delta \vec{p} \\ \vec{F} \Delta t &= \vec{p}_1 - \vec{p}_0 \\ \vec{F} \Delta t &= m (\vec{v}_1 - \vec{v}_0) \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan ; $\overline{\Delta p}$ = perubahan momentum (kg ms⁻¹)
 \overline{p}_1 = momentum akhir benda (kg ms⁻¹)
 \overline{p}_0 = momentum awal benda (kg ms⁻¹)

Tumbukan

Benda bertumbukan berlaku hukum kekekalan momentum sebelum tumbukan sama dengan setelah tumbukan dapat dituliskan dengan persamaan:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (4)$$

Koefisien restitusi tumbukan

Benda yang bertumbukan mempunyai koefisien restitusi tumbukan yang mempunyai besar antara ($0 \leq e \leq 1$) dimana e dirumuskan dengan persamaan:

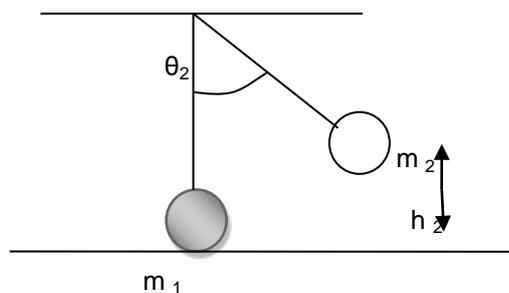
$$e = -\left(\frac{v'_1 - v'_2}{v_1 - v_2} \right) \quad (5)$$

Keterangan

- e = koefisien restitusi tumbukan
- v₁ = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan (ms⁻¹)
- v₂ = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan (ms⁻¹)
- v'₁ = kecepatan benda 1 setelah tumbukan (ms⁻¹)
- v'₂ = kecepatan benda 2 setelah tumbukan (ms⁻¹)

Tumbukan ada 3 macam yaitu 1) tumbukan lenting sempurna besar koefisien restitusi e = 1 berlaku: hukum kekekalan momentum, hukum kekekalan energi kinetik, 2) tumbukan tidak lenting sama sekali besar koefisien restitusi e = 0 berlaku hukum kekekalan momentum, 3) tumbukan lenting sebagian dengan bes ($0 < e < 1$) berlaku: hukum kekekalan momentum, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik [3][4]

Sebuah benda bermassa m₁ tergantung pada seutas tali yang diam dan benda lain bermassa m₂ juga terikat dengan tali yang panjangnya sama seperti pada gambar di bawah ini



Bola m₁ diam pada titik setimbang dengan sudut ($\theta_1=0$) bola m₂ disimpangkan dengan sudut tertentu θ_2 dan mempunyai ketinggian tertentu (h_2). Bola m₂ dilepaskan bergerak dengan kecepatan tertentu menumbuk bola m₁ sehingga bola m₁ bergerak menyimpang dengan sudut (θ_1) dan bola m₂ juga akan terpental kekanan atau kekiri dengan sudut (θ_2) dan posisi (h_2). Besar sudut penyimpangan awal sebelum tumbukan dan setelah bertumbukan kemudian dikonversi kebesaran kecepatan dengan menggunakan hukum kekekalan energi mekanik.

Pada benda m₁ sebelum tumbukan sudut awal $\theta_1=0^\circ$ mempunyai ketinggian $h_1=0$, benda m₂ dengan sudut awal θ_2 tertentu. Kemudian benda m₂ menumbuk benda m₁ yang diam.

Pada bola m₁ energi mekanik awal = energi mekanik akhir

$$m_1 g h_1 + \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 = m_1 g h_1' + \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 \quad (6)$$

dimana $v_1 = 0$ dan $h_1 = 0$, persamaan kecepatan benda m₂ saat menumbuk benda m₁ yaitu v'₁

$$v_1' = \sqrt{2gh_1'} \quad \text{dimana } h_1' = (l - l \cos \theta_1')$$

Sehingga diperoleh persamaan kecepatan benda m_1 setelah tumbukan dengan benda m_2

$$v_1' = \sqrt{2g(l - l \cos \theta_1')} \quad (7)$$

Pada benda m_2 sebelum tumbukan disimpangkan dengan sudut awal tertentu θ_2 dan mempunyai ketinggian h_2 , kemudian benda m_2 dilepaskan dan bergerak berayun menumbuk benda m_1 yang diam.

Pada bola m_2 energi mekanik awal = energi mekanik akhir

$$m_2gh_1 + \frac{1}{2}m_2v_1^2 = m_2gh_2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \quad (8)$$

dimana $v_1 = 0$ dan $h_2 = 0$ diperoleh persamaan kecepatan benda m_2 saat menumbuk benda m_1 yaitu v_2

$$v_2 = \sqrt{2gh_1} \quad \text{dimana } h_1 = (l - l \cos \theta_2)$$

Sehingga diperoleh persamaan kecepatan benda m_2 saat bertumbukan dengan benda m_1

$$v_2 = \sqrt{2g(l - l \cos \theta_2)} \quad (9)$$

Dan persamaan kecepatan benda m_2 setelah menumbuk benda m_1 adalah

$$v_2' = \sqrt{2g(l - l \cos \theta_2')} \quad (10)$$

2. Metode

Penelitian ini adalah penelitian berbasis praktikum di laboratorium fisika, peserta didik melakukan praktikum tumbukan untuk menentukan besar koefisien restitusi tumbukan dari 2 bola mainan yang digantung dengan seutas tali pada statip, data sudut penyimpangan sebelum dan sesudah tumbukan kemudian dikonversi kedalam besaran kecepatan dari konsep hukum kekekalan energi mekanik, olah data menggunakan bantuan microsoft excel, bola maian; bola tek-tek, bola pingpong, bola bekel karet bening, busur, statip. Praktikum dilakukan secara berkelompok terdiri dari 8 kelompok tiap kelompok 4 siswa pada kelas X IPA1 SMA Negeri 2 Kebumen semester 2 tahun pelajaran 2017/2018. seperti pada gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Kerja ilmiah peserta didik

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dua bola mainan tek-tek yang dilakukan oleh salah satu kelompok praktikum yaitu kelompok 2 ditabelkan seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data koefisien restitusi tumbukan kelompok 2

Bola Tek-Tek (m_2)				Bola Tek-Tek (m_1)				Koefisien restitusi (e)
θ_2 awal	θ_2 akhir	v_2 m/s	v_2 m/s	θ_1 awal	θ_1 akhir	v_1 m/s	v_1 m/s	
30^0	25^0	1.64	1.37	0^0	30^0	0.00	1.64	0.33
30^0	22^0	1.64	1.21	0^0	31^0	0.00	1.69	0.30
30^0	21^0	1.64	1.26	0^0	30^0	0.00	1.64	0.23
45^0	35^0	2.42	1.95	0^0	40^0	0.00	2.16	0.07
45^0	38^0	2.42	2.01	0^0	41^0	0.00	2.21	0.07
45^0	40^0	2.42	1.95	0^0	39^0	0.00	2.11	0.05
60^0	45^0	3.16	2.27	0^0	51^0	0.00	2.72	0.10
60^0	45^0	3.16	2.47	0^0	54^0	0.00	2.87	0.09
60^0	48^0	3.16	2.52	0^0	56^0	0.00	2.97	0.10
rata-rata koefisien restituei (e)								0.15

Pada tabel 1 di atas dapat diperoleh paparan bola yang bertumbukan jenis dan massa sama dengan variabel bola tek-tek 1 dalam keadaan diam dengan sudut awal 0^0 dan bola tek-tek 2 dengan sudut simpangan awal 30^0 , 60^0 dan 90^0 yang dilakukan dengan tiga kali pengambilan data. Bola tek-tek m_2 dilepaskan dengan posisi segaris bola tek-tek m_1 kedua bola tek-tek bertumbukan. Bola tek-tek m_2 dan m_1 setelah bertumbukan akan menyimpang dengan sudut simpangan tertentu. Semakin besar sudut penyimpangan awal m_2 , diperoleh setelah bertumbukan sudut penyimpangannya semakin besar dan m_1 sudut penyimpangannya juga semakin besar. Besar sudut penyimpangan tersebut dikonversi kedalam besaran kecepatan diperoleh data semakin besar sudut penyimpangan m_1 dan m_2 , semakin besar pula kecepatan bola sehingga diperoleh rata-rata koefisien restitusi tumbukan sebesar 0.5

Tabel 2. Data koefisien restitusi tumbukan 8 kelompok praktikum

Kelompok	1		2		3	
	m1	m2	m1	m2	m1	m2
	Tek-Tek	Tek-Tek	Bekel	Tek-Tek	Tek-Tek	Ping-Pong
1		0.19		0.28		0.64
2		0.15		0.28		0.57
3		0.20		0.22		0.36
4		0.19		0.37		0.66
5		0.16		0.21		0.72
6		0.13		0.23		0.80
7		0.17		0.27		0.78
8		0.21		0.24		0.58
Rata-rata koefisien restitusi tumbukan (e)		0.18		0.26		0.64

Diperoleh analisis: Pada tabel 2 tumbukan antara bola tek-tek diperoleh data besar koefisien restitusi rata-rata dari 8 kelompok praktikum sebesar 0.18. Tumbukan antara bola bekel dengan tek-tek mendapatkan data koefisien restitusi rata-rata sebesar 0.26. Tumbukan antara tek-tek dengan bola ping-pong diperoleh koefisien restitusi rata-rata sebesar 0.64. Dari ketiga jenis benda yang bertumbukan menghasilkan koefisien restitusi yang paling besar adalah antara bola tek-tek dengan

bola ping-pong. Hal ini disebabkan penyusun material bola ping-pong dalamnya berisi udara yang mempunyai energi besar dan penyusun material bola tek-tek yang terbuat dari bahan plastik yang padat pejal berat. Bola ping-pong setelah bertumbukan dengan bola tek-tek mempunyai sudut penyimpangan yang besar sehingga dikonversi ke dalam besaran kecepatan nilainya besar juga

Pada kasus tumbukan antara bola tek-tek dengan bola tek-tek diperoleh data koefisien restitusinya lebih kecil dibandingkan dengan kasus 2 dan kasus 3 hal tersebut dipengaruhi oleh bahan material penyusun bola tek-tek yang terbuat dari plastik padat pejal. Jika kedua bola tek-tek bertumbukan sudut penyimpangan setelah bertumbukan kecil sehingga dikonversi ke dalam besaran kecepatan mendapatkan nilai kecil juga. Pada kasus tumbukan antara bola bekel dan bola tek-tek diperoleh data koefisien restitusi yang besarnya lebih besar dari kasus tumbukan 1 dan lebih kecil dari kasus tumbukan 3. Material penyusun bola bekel terbuat dari bahan karet kenyal mentah yang mempunyai sifat kenyal atau elastis inilah yang membuat data hasil praktikum koefisien restitusinya lebih besar kasus 1. Jika dibandingkan dengan bola ping-pong, bola bekel lebih berat massanya. Sehingga besar koefisien restitusi bola ping-pong lebih besar.

Dari data ketiga kasus benda yang bertumbukan diperoleh data besarnya koefisien restitusi tumbukan yaitu 0,16, 0,26, 0,64 mempunyai rentang antara $0 < e < 1$ sehingga ketiga kasus tumbukan benda tersebut merupakan tumbukan lenting sebagian berlaku hukum kekekalan momentum dan tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik ini sesuai dengan [3][4].

Aktivitas belajar peserta didik dalam kelompok praktikum dapat dideskripsikan sebagai berikut; masing-masing anggota praktikum dalam kelompok praktikum dapat melakukan praktikum tumbukan sesuai dengan prosedur dan keselamatan mulai dari merangkai alat, melakukan percobaan, mengamati fenomena/kejadian, mencatat data, menyimpulkan dan membuat laporan praktikum dengan format jurnal penelitian ilmiah. Aktivitas diskusi dalam kelompok praktikum selama kegiatan praktikum sampai pembuatan laporan praktikum dikategorikan tinggi dengan indikator semua anggota terlibat aktif secara seksama melakukan praktikum, berdiskusi dan membuat laporan praktikum serta mengumpulkan laporan tepat waktu. Dengan demikian kompetensi peserta didik pada KI-4 dapat tercapai sesuai dengan [1]

4. Simpulan

Diperoleh simpulan dari analisis data konversi sudut penyimpangan kebesaran kecepatan besar koefisien restitusi tumbukan rata-rata: antar bola tek-tek sebesar 0,18, bola tek-tek dengan bola bekel sebesar 0,26, bola tek-tek dengan bola pingpong sebesar 0,64. Sehingga ketiga tumbukan tersebut termasuk tumbukan lenting sebagian yang mempunyai rentang koefisien restitusi $0 < e < 1$. Peserta didik selama proses pembelajaran dapat melakukan kegiatan dengan seksama, penuh tanggung jawab, teliti, tekun, dan proses pembelajaran yang menyenangkan sambil bermain serta proses pembelajaran praktikum ini sebagai alternatif untuk mengukur capaian kompetensi peserta didik pada KI-4.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kepala SMA Negeri 2 Kebumen yang telah memberikan ruang, waktu, dan ijin penelitian, rekan-rekan guru yang memberi motivasi untuk menyelesaikan penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Permendiknas No.65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pembelajaran 2013
- [2] Kurikulum 2013, silabus Fisika SMA, 2013
- [3] Douglas C. Giancoli 2001 *Fisika Edisi Kelima Jilid 1* (Jakarta; Erlangga)
- [4] Sears dan Zemansky 2001 *Fisika Universitas Edisi kesepuluh Jilid 2* (Jakarta; Erlangga)