



Penggunaan software *LoggerPro* untuk menganalisis momentum dan energi kinetik pada peristiwa tumbukan lenting sebagian

Agung Kristiono*, Ign. Edi Santosa

Pendidikan Fisika Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

*e-mail: agungkristiono318@gmail.com

ABSTRAK

Tumbukan merupakan salah satu topik yang diajarkan di sekolah. Tumbukan dapat dipelajari dengan menganalisa rekaman videonya. Makalah ini menyajikan hasil analisa video pada tumbukan dua buah bola. Untuk keperluan tersebut telah dibuat lintasan bola yang kedua ujungnya lebih tinggi. Bola yang dilepas di ujung akan bergerak dan bertumbukan di lintasan. Proses ini direkam dengan kamera video. Selanjutnya hasil rekaman dianalisa dengan software *LoggerPro* untuk mendapatkan posisi kedua bola dan kecepatannya setiap saat. Hasil analisa video ini menunjukkan bahwa tumbukan mengikuti hukum kekekalan momentum. Dari perhitungan didapatkan bola biliar bertumbukan secara lenting sebagian dengan koefisien restitusi sebesar $e=0,175$.

Kata kunci : lenting, momentum, tumbukan

1. Pendahuluan

Proses tumbukan dapat ditunjukkan secara tidak langsung dengan demonstrasi melihat permainan biliar maupun melalui simulasi. Pengamatan simulasi dapat menunjukkan kejadiannya namun siswa tidak secara langsung berinteraksi dengan kenyataannya.

Untuk dapat memperlihatkan peristiwa tumbukan dalam eksperimen diperlukan seperangkat alat. Tumbukan pada bidang dua dimensi dapat ditunjukkan dengan perangkat yang cukup kompleks (Saitoh, 2006). Jejak bola yang bertumbukan dapat direkam dan selanjutnya dianalisa momentum maupun energi kinetik bola yang bertumbukan.

Tumbukan juga dilakukan di *air track* agar benda yang bertumbukan tidak mengalami gesekan (Sawadthaisong, 2011). Untuk dapat mengetahui kecepatannya digunakan *picket fence*, *photogate* dan *interface*. Perangkat semacam ini relatif mahal.

Proses tumbukan dapat diikuti dengan sensor percepatan yang ada pada smartphone (Vogt dan Kuhn, 2014). Dengan perangkat tersebut dapat dipelajari gejala

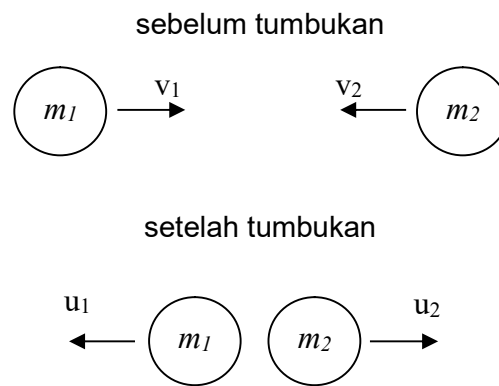
tumbukan lenting dan tidak lenting sama sekali.

Perangkat lain yang juga telah digunakan untuk analisa tumbukan adalah video yang direkam dengan iPhone (Ayop, 2017). Proses tumbukan dapat diikuti dan selanjutnya ditentukan nilai impulsnya.

Pada eksperimen tersebut di atas digunakan perlengkapan yang cukup kompleks, kereta khusus sebagai objek yang bertumbukan, lintasannya serta komponen pendukungnya. Untuk mengatasi kerumitan di depan, makalah ini menyajikan eksperimen sederhana agar dapat dilakukan di sekolah.

2. Metode

Proses tumbukan antara dua benda ditunjukkan pada gambar 1. Sebelum tumbukan benda pertama bermassa m_1 bergerak dengan kelajuan v_1 dan benda kedua dengan massa m_2 memiliki kelajuan v_2 . Selanjutnya setelah tumbukan kelajuan kedua benda berturut-turut menjadi u_1 dan u_2 .



Gambar 1. Proses tumbukan

Pada proses tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum

$$m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = m_1 \bar{u}_1 + m_2 \bar{u}_2 \tag{1}$$

Persamaan (1) dapat dituliskan menjadi

$$P_1 + P_2 = K \tag{2}$$

dengan P_1 : momentum bola pertama
 P_2 : momentum bola kedua
 K : konstanta

Pada tumbukan tidak lenting, sebagian energi kinetik hilang seperti ditunjukkan dengan adanya perubahan kelajuannya. Hal ini dinyatakan dengan koefisien restitusi e mengikuti persamaan

$$e = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2} \tag{3}$$

Untuk bola yang menggelinding energi kinetiknya meliputi energi kinetik translasi dan rotasi. Pada keadaan di atas energi kinetik total sebelum tumbukan (Minkin dan Sikes, 2018) adalah

$$E_{k1} = 0,7 (m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) \tag{4}$$

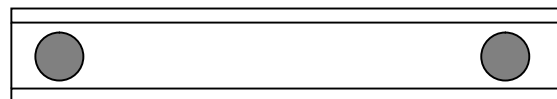
dan setelah tumbukan menjadi

$$E_{k2} = 0,7 (m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2) \tag{5}$$

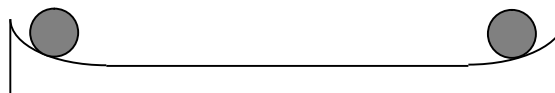
Untuk tumbukan dengan koefisien restitusi sebesar e , energi kinetik total setelah tumbukan dapat dituliskan (Loveland, 2000)

$$E_{k2} = e^2 E_{k1} \tag{6}$$

Proses tumbukan seperti di atas dilakukan dalam eksperimen yang menggunakan susunan alat seperti pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Lintasan terlihat dari atas



Gambar 3. Lintasan terlihat dari samping

Bola yang akan bertumbukan bergerak pada lintasan yang terbuat dari

kayu. Kedua ujung lintasan dibuat lebih tinggi agar bola mempunyai energi potensial

sehingga dapat bergerak pada lintasan. Panjang lintasan adalah 1 m.

Kedua bola dilepas dari ujung lintasan secara bersamaan, dan gerak bola direkam dengan kamera. Selanjutnya video hasil rekaman dianalisa dengan software

LoggerPro untuk mendapat posisi bola dan kecepatannya setiap saat. Contoh kedudukan bola yang akan bertumbukan pada suatu saat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Bola di dalam lintasan

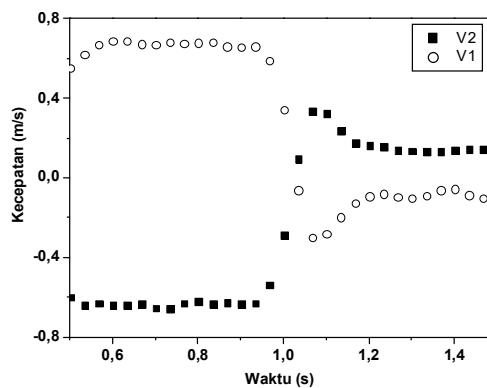
3. Hasil dan pembahasan

Pada percobaan pertama digunakan dua bola biliar, sedang percobaan kedua menggunakan kelereng dengan ukuran seperti pada tabel 1. Hasil eksperimen

tumbukan pada dua bola biliar disajikan pada gambar 5.

Tabel 1. Massa dan diameter benda yang digunakan dalam eksperimen.

	Massa (g)	Diameter (cm)
Biliar 1	142,2	5,225
Biliar 2	142,5	5,225
Kelereng 1	20,3	2,005
Kelereng 2	20,1	2,005



Gambar 5. Kecepatan bola setiap saat untuk bola biliar1 (V_1) dan bola biliar2 (V_2)

Pada gambar 5 terlihat kecepatannya terentang dari negatif sampai positif. Hal ini terkait dengan arah gerak benda. Kecepatan positif menunjukkan bola bergerak ke arah sumbu X positif, sedang yang bernilai negatif menunjukkan arah geraknya ke sumbu X negatif.

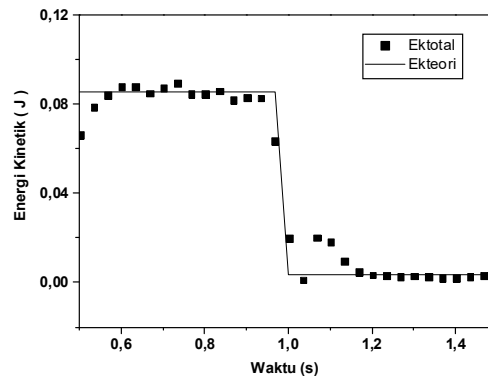
Sebelum tumbukan nilai kecepatan kedua bola sekitar 0,6 m/s. Kemudian setelah bertumbukan pada saat $t=0,97$ s, arah gerak bola berkebalikan dan nilainya juga menjadi lebih kecil. Sebelum tumbukan nilai kecepatan rata-rata bola pertama dan bola kedua adalah 0,67 m/s dan -0,64 m/s. Setelah tumbukan nilai keduanya menjadi -

0,08 m/s dan 0,14 m/s. Dengan nilai koefisien restitusinya mengikuti persamaan (2) yaitu

$$e = 0,175$$

Hal ini menunjukkan bahwa tumbukan yang terjadi di antara kedua bola biliar termasuk tumbukan lenting sebagian. Karena itu ada sebagian energi kinetik yang

kecepatan tersebut, dapat diperoleh hilang. Hal ini diperlihatkan pada gambar 6 yang menunjukkan nilai energi kinetik total kedua bola yang bertumbukan. Sebelum tumbukan nilainya sekitar 0,085 J, berubah menjadi sekitar 0,003 J setelah mengalami tumbukan.



Gambar 6. Energi kinetik total dari dua bola biliar yang bertumbukan

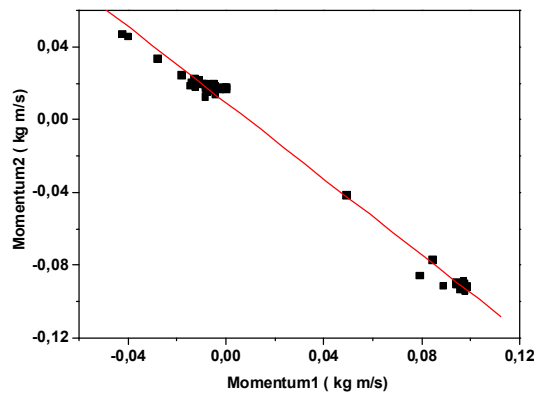
Titik data pada grafik menunjukkan energi kinetik total yang dihitung dari pers (4) dan (5). Garis yang ditampilkan merupakan nilai energi kinetik total rata-rata pada bagian sebelum tumbukan dan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (6) untuk bagian setelah tumbukan. Perhitungan menggunakan nilai restitusi yang telah diperoleh di depan. Dari gambar tampak bahwa pada bagian setelah tumbukan, perhitungan dengan pers (6) cocok dengan pers (5). Hal ini menunjukkan bahwa koefisien restitusi terkait dengan nilai energi yang hilang.

Pada proses tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum dan mengikuti persamaan (2). Sesuai persamaan ini grafik hubungan antara momentum benda kedua (P_2) terhadap momentum benda pertama

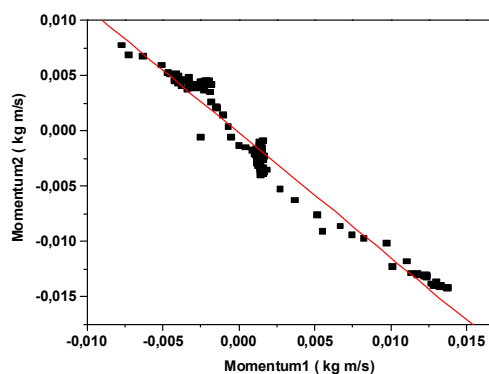
(P_1) merupakan grafik linear dengan gradien sama dengan -1.

Dengan data massa bola biliar yang digunakan (tabel 1) dan nilai kecepatannya (gambar 5) dapat diperoleh nilai momentumnya. Hasil perhitungan selanjutnya ditunjukkan dengan grafik hubungan antara momentum bola kedua terhadap momentum bola pertama, seperti pada gambar 7. Grafik ini mempunyai gradien sebesar $-1,04 \pm 0,01$. Sesuai dengan pembahasan di depan, berarti bahwa grafik hasil eksperimen mengikuti persamaan 2 atau hukum kekekalan momentum.

Eksperimen ini juga dilakukan dengan benda bola lain. Hasil untuk tumbukan pada dua buah kelereng ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 7. Hubungan momentum bola pertama terhadap momentum bola kedua



Gambar 8. Hubungan momentum kelereng pertama terhadap momentum kelereng kedua

Hasil yang ditunjukkan gambar 8 sesuai dengan hasil sebelumnya yaitu grafiknya linear dengan gradien mendekati -1. Hal ini

menunjukkan bahwa dalam tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum.

4. Simpulan

Ekperimen tumbukan dapat dilakukan dengan perangkat sederhana. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tumbukan yang teramati mengikuti hukum kekekalan momentum. Tumbukan ini merupakan tumbukan yang lenting sebagian.

Daftar pustaka

Sawadthaisong, N. Chitaree, R. Barufaldi, J.P. 2011. "Demonstration of momentum and kinetic energy during entire collision". *The Physics Teacher*. Vol 49. 56-57.

Vogt, P and Kuhn, J. 2014. "Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor".

The Physics Teacher. Vol.52. 117–119.

Ayop, S.K. 2017. "Analyzing Impulse Using iPhone and Tracker". *The Physics Teacher*. Vol 55.

Saitoh, A. 2006. "Law of conservation of momentum apparatus". *The Physics Teacher*. Vol 44. 546-548.

Derby, N and Fuller, R. 1999. "Reality and theory in a collision". *The Physics Teacher*. Vol 37. 24-27.

Minkin, L and Sikes, D. 2018. "Coefficient of rolling friction – lab experiment". *Am. J. Phys.* Vol 86. 77-78.

Loveland, K.T. 2000. "Simple equations for linear partially elastic collisions". *The Physics Teacher*. Vol 38. 380-381.