

## EKSPERIMEN KONSEPTUAL TUMBUKAN BENDA 1 DIMENSI DENGAN ALGODOO

**Rachmad Resmiyanto**

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Jalan Marsda Adisucipto 55281, Yogyakarta, Indonesia  
Email: rachmad.resmiyanto@uin-suka.ac.id

### *Abstrak*

*Telah dilakukan eksperimen konseptual dengan Algodoo pada fenomena tumbukan benda 1 dimensi. Hasil eksperimen konseptual menunjukkan hasil yang sama baik dengan hasil secara analitik. Dengan demikian eksperimen konseptual dengan Algodoo secara sangat baik mampu menjadi jembatan penghubung antara dunia/fenomena fisis dengan formalisme dunia Newtonian.*

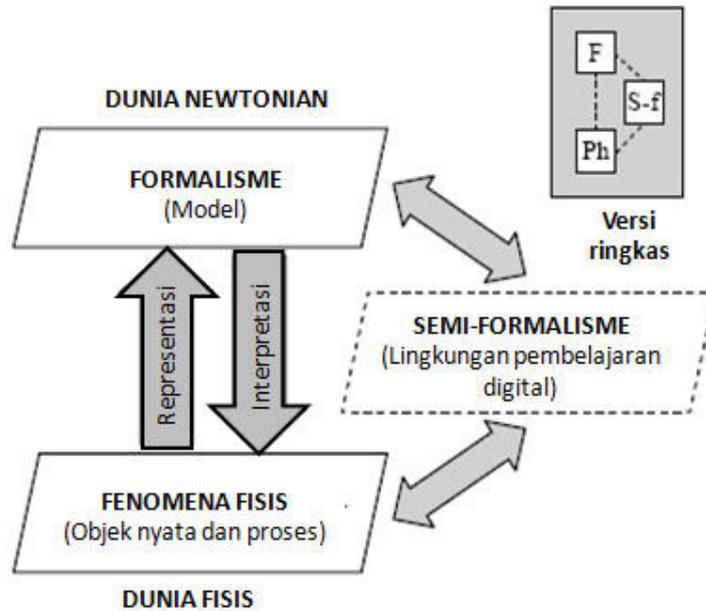
*Kata kunci: eksperimen konseptual, tumbukan, algodoo*

## PENDAHULUAN

Istilah eksperimen konseptual diperkenalkan oleh Teodoro (1998). Ia menjelaskan bahwa ilmu fisika merupakan model deskripsi/eksplanasi fenomena dunia fisis. Model ini berdasarkan fungsi matematika dapat menjelaskan banyak pola-pola dunia fisis. Dalam pembelajaran tradisional, model ini mengalami kesulitan untuk ditanamkan ke pikiran pelajar. Kesulitan ini berakar pada kenyataan bahwa sebagian besar pelajar tidak memiliki ilmu alat yang dapat mengeksplorasi objek formal sebagai “objek-berpikir dengan” dan sebagai “objek-bereksperimen dengan”. Maka, eksperimentasi dengan objek konseptual (eksperimen konseptual) merupakan tipe baru eksperimen menggunakan peralatan komputer dengan antarmuka pengguna grafis (GUI, *graphical user interfaces*).

Makalah ini mendiskusikan bagaimana eksperimen konseptual dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Algodoo ([www.algodoo.com](http://www.algodoo.com)) untuk membahas topik tumbukan 1 dimensi. Algodoo adalah perangkat lunak simulasi fisika berbasis dua dimensi yang tersedia secara bebas. Algodoo memungkinkan pengguna untuk membuat objek yang kemudian berinteraksi dalam lingkungan virtual. Sebagai contoh, nilai percepatan gravitasi serta hambatan udara dapat ditingkatkan, dikurangi atau dimatikan. Beberapa parameter objek yang dibuat pengguna, seperti parameter gaya dan rapat massa, juga bisa diatur sesuai dengan kebutuhan eksperimen.

Menurut tinjauan Euler dan Gregorcic (2017) berdasarkan pandangan Hestenes tentang pemodelan dalam fisika dan teori awal diSessa tentang lingkungan pembelajaran digital berbasis kreativitas, eksperimen konseptual dengan Algodoo menempati peran sebagai semi-formalisme, dimana para pelajar menggunakan perangkat lunak dalam proses pemodelan mereka sebagai sarana untuk berpindah antara dunia fisis menuju konteks eksperimental dan representasi formal matematis terkait dengan konteks itu. Hal ini dapat disajikan secara lebih jelas pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur hubungan dunia fisis, formalisme/model matematis dan lingkungan pembelajaran digital.

## LANDASAN TEORI

Peristiwa tumbukan merupakan peristiwa yang menjadi ciri utama sifat-sifat partikel suatu benda. Tumbukan dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep momentum.

Dalam mekanika, besaran momentum merupakan salah satu besaran gerak yang paling mendasar. Momentum merupakan besaran besaran vektor dengan arah momentum sama dengan arah kecepatan benda. Pustaka-pustaka fisika dasar seperti Halliday, dkk (1997) banyak menyajikan pembahasan tentang momentum. Momentum sebuah partikel didefinisikan sebagai hasil kali massa dan kecepatannya

$$\vec{p} = m \vec{v} . \tag{1}$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa momentum berbanding lurus dengan massa dan kecepatan. Semakin besar massa, semakin besar momentum. Semakin besar kecepatan, semakin besar momentum.

Suatu sistem yang terisolasi tidak akan memiliki gaya-gaya eksternal yang bekerja padanya. Akibatnya, momentum sistem bernilai konstan. Keadaan tersebut dikenal sebagai hukum kelestarian momentum. Gaya-gaya internal dalam sistem dapat mengubah energi mekanik total sistem, tetapi karena selalu terjadi berpasangan, gaya-gaya tersebut tidak dapat mengubah momentum total sistem. Keadaan ini dapat dilukiskan dalam persamaan berikut

$$P = \sum_i m_i v_i = \text{konstan} . \tag{2}$$

Sebuah benda bermassa  $m_1$  yang bergerak dengan kecepatan awal  $v_{1i}$  ke arah benda kedua yang massanya  $m_2$  dan bergerak dengan kecepatan awal  $v_{2i}$ . Jika kedua mengalami tumbukan maka kedua benda setelah bertumbukan akan bergerak dengan kecepatan  $v_{1f}$  dan  $v_{2f}$ . Lambang  $v_{1f}$  dan  $v_{2f}$  merupakan kecepatan akhir benda-benda setelah tumbukan. Kelestarian momentum dalam sistem tersebut dilukiskan pada persamaan berikut

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$m_1 (v_{1i} - v_{1f}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i}) . \tag{3}$$

Halliday, dkk (1997) menyatakan bahwa persamaan 3 memberikan suatu hubungan antara kedua kecepatan  $v_{1f}$  dan  $v_{2f}$  yang dapat diketahui melalui tinjauan energi. Jika tidak ada perubahan energi potensial pada internal sistem, energi kinetik akhir setelah tumbukan sama dengan energi awal, sehingga timbul persamaan

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 &= \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2 \\ m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2) &= m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) \\ m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1i} + v_{1f}) &= m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2i} + v_{2f}). \end{aligned} \tag{4}$$

Dengan membagi persamaan 4 dengan persamaan 3, diperoleh

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}. \tag{5}$$

yang dapat ditulis

$$\begin{aligned} v_{2f} - v_{1f} &= -(v_{2i} - v_{1i}) \\ \Delta v_f &= -\Delta v_i. \end{aligned} \tag{6}$$

Salah satu penerapan hukum kekekalan momentum adalah pada peristiwa tumbukan dua benda. Dari persamaan 5, dapat diketahui persamaan umum koefisien restitusi pada peristiwa tumbukan dua benda:

$$e = -\frac{\Delta v_f}{\Delta v_i}. \tag{7}$$

Tumbukan dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan koefisien restitusinya yaitu:

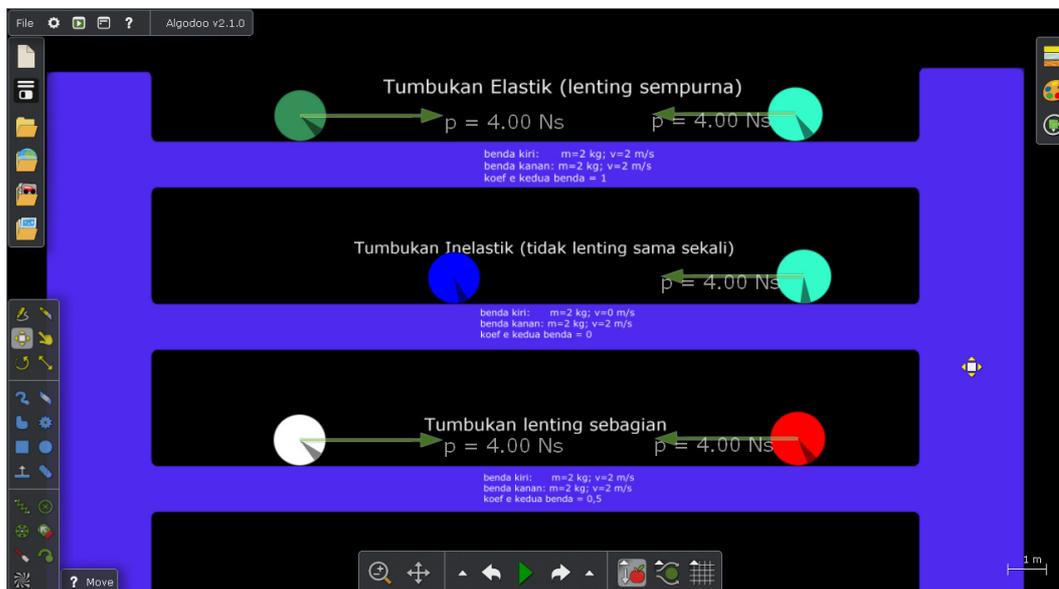
- a. Tumbukan lenting sempurna  
Pada jenis tumbukan ini berlaku hukum kelestarian momentum dan hukum kelestarian energi kinetik. Pada tumbukan lenting sempurna besarnya nilai koefisien restitusi  $e = 1$ .
- b. Tumbukan inelastik/tidak lenting sama sekali  
Pada peristiwa ini sesaat setelah tumbukan kedua benda bersatu dan bergerak bersama dengan kecepatan yang sama. Besarnya koefisien restitusi  $e = 0$ .
- c. Tumbukan lenting sebagian  
Tumbukan lenting sebagian adalah tumbukan yang berada di antara dua keadaan ekstrem tumbukan lenting sempurna dan tumbukan tidak lenting sama sekali. Nilai  $e$  antara 0 dan 1.

### Metode Eksperimen Konseptual

Eksperimen konseptual ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Disiapkan perangkat lunak Algodoo, kemudian dibuat dasar lantai dan dinding yang bebas gesekan. Lantai dibuat menjadi 3 ruang. Gesekan dengan udara dimatikan.
2. **Tumbukan elastik (lenting sempurna)**. Dibuat benda/objek bermassa 2 buah, kiri kanan,  $m_1 = 2 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ,  $v_1 = 2 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 2 \text{ m/s}$ ,  $e = 1$ . Ditampilkan formasi momentum sehingga nampak 2 anak panah dengan simbol p.
3. **Tumbukan inelastik (tak lenting sama sekali)**. Dibuat benda/objek bermassa 2 buah, kiri kanan,  $m_1 = 2 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ,  $v_1 = 0 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 2 \text{ m/s}$ ,  $e = 0$ . Ditampilkan formasi momentum sehingga nampak 1 anak panah dengan simbol p dimiliki oleh benda di sisi kanan.

4. **Tumbukan lenting sebagian.** Dibuat benda/objek bermassa 2 buah, kiri kanan,  $m_1 = 2 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ,  $v_1 = 2 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 2 \text{ m/s}$ . Koefisien  $e$  dipilih antara 0 dan 1. Pada eksperimen ini dipilih nilai  $e = 0,5$ . Ditampilkan formasi momentum sehingga nampak 2 anak panah dengan simbol p.



Gambar 2. Tampilan eksperimen konseptual tumbukan benda

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen konseptual dijalankan berdasarkan data-data yang sudah dimasukkan pada ketiga desain eksperimen yaitu eksperimen konseptual untuk tumbukan lenting sempurna, tumbukan tak lenting sama sekali dan tumbukan lenting sebagian.

### Tumbukan lenting sempurna

Pada tumbukan lenting sempurna, eksperimen menunjukkan bahwa hasil eksperimen konseptual pada momentum benda 1 ialah  $4 \text{ kg m/s}$ , momentum benda 2 ialah  $4 \text{ kg m/s}$ . Nilai ini sama dengan nilai hasil analitik. Pada tampilan eksperimen konseptual, arah momentum dapat terlihat secara jelas, ditunjukkan dengan arah panah. Sebelum tumbukan, arahnya saling menyongsong dan setelah tumbukan arahnya saling berlawanan. Karena tidak ada perubahan momentum di awal dan akhir, maka juga tidak nampak perubahan besar arah panah.

### Tumbukan tak lenting sama sekali

Pada tumbukan tak lenting sama sekali, benda pertama awalnya diam dan benda kedua bergerak dengan momentum  $4 \text{ kg m/s}$ . Setelah terjadi tumbukan, momentum benda 1 menjadi  $3,5 \text{ kg m/s}$  dan benda kedua  $0,52 \text{ kg m/s}$ . Nilai ini sama dengan hasil secara analitik.

Benda 1 yang awalnya diam ditunjukkan dengan tidak adanya anak panah p. Anak panah p yang dimiliki benda 1 baru nampak sesaat setelah ditumbuk benda 2. Benda 2 awalnya memiliki anak panah p yang besar, sesaat setelah menumbuk benda 1, anak panah benda 2 menjadi lebih pendek sebab momentumnya berubah menjadi lebih kecil yaitu dari  $4$  menjadi  $0,52 \text{ kg m/s}$ .

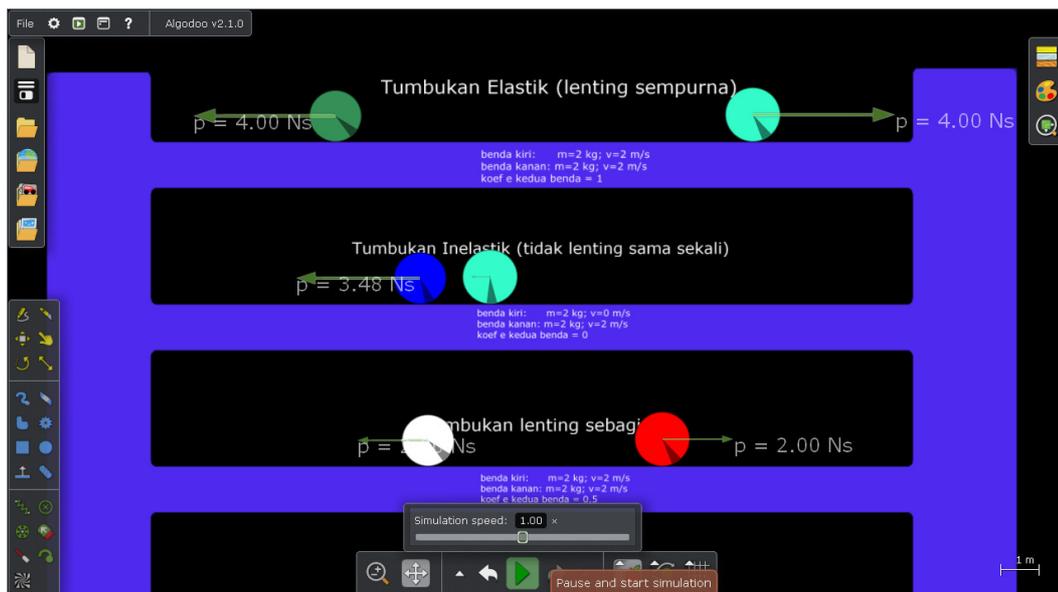
### Tumbukan lenting sebagian

Pada eksperimen ini nilai  $e$  dipilih  $0,5$ . Nilai ini dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan eksperimen. Karena nilai  $e=0,5$  maka terlihat momentum sebelum dan sesudah tumbukan memiliki nilai yang sama, yaitu  $2 \text{ kg m/s}$ . Hasil ini sama dengan hasil secara analitik.

Eksperimen konseptual yang dilakukan dengan Algodoo juga dapat menampilkan fenomena tumbukan ketika aspek gesekan diperhitungkan. Dalam buku-buku fisika dasar seperti Halliday (1997), fenomena ini belum disajikan sebab peristiwa tumbukan dijelaskan dengan asumsi tidak ada gesekan antara benda dengan lantai. Eksperimen konseptual menunjukkan jika koefisien gesekan benda 2 dengan lantai dianggap 0,17 maka momentum benda 2 akan lebih kecil. Dampaknya ialah hukum kelestarian momentum tidak teramati. Dengan demikian eksperimen konseptual dengan Algodoo ini mampu menampilkan konsep-konsep yang sangat mendasar yang bermanfaat bagi tumbuh kembangnya pemahaman konseptual yang baik. Perbandingan-perbandingan antara eksperimen konseptual dan hasil analitik disajikan pada tabel 1. Sedangkan tampilan visual eksperimen konseptual dengan Algodoo disajikan pada gambar 3.

**Tabel 1. Perbandingan hasil eksperimen konseptual dengan analitik (satuan SI)**

Jenis tumbukan	sebelum tumbukan		sesudah tumbukan			
	p1	p2	eksperimen konseptual		analitik	
			p1	p2	p1	p2
elastik (e=1)	4	4	4	4	4	4
inelastik (e=0)	0	4	3,48	0,52	3,48	0,52
sebagian (e=0,5)	4	4	2	2	2	2
<b>gesekan diperhitungkan <math>\mu=0,17</math></b>						
elastik (e=1)	4	2,67	2,8	1,84	Dalam kajian momentum di fisika dasar atau sekolah menengah, gesekan diabaikan	
inelastik (e=0)	0	2,67	3,1	0,59		
sebagian (e=0,5)	4	2,67	1,1	0,75		



**Gambar 3. Tampilan eksperimen konseptual setelah tumbukan benda**

## KESIMPULAN

Eksperimen konseptual yang dilakukan dengan Algodoo mampu menyajikan tayangan fenomena dunia fisis dengan sangat baik. Hasil eksperimen konseptual ini sama dengan hasil secara analitik. Dengan demikian eksperimen konseptual dengan Algodoo sebagai semi-formalisme dalam memahami dunia fisis mampu menjadi jembatan yang baik bagi berjalannya formalisme dunia Newtonian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Euler, E., & Gregorcic, B. (2017). *Exploring how students use sandbox software to move between the physical and the formal*. In PERC Proceedings (pp. 128–131). Cincinnati, OH. <https://doi.org/10.1119/perc.2017.pr.027>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1997). *Fundamentals of physics* (5th ed., extended.). New York: Wiley
- Teodoro, V. D. (1998). *From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics*. Invited paper presented at the International CoLos Conference New Network-Based Media in Education, Maribor, Slovenia. Diunduh dari <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/textos/VDTeodoro1998.pdf>
- [www.algodoo.com](http://www.algodoo.com).