

## DESAIN ANIMASI TUMBUKAN ELASTIS MENGGUNAKAN MACROMEDIA FLASH 8.0

**Kostan D. F. Mataubenu**

*Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Soe, Jl.  
Badak No. 5A Lokasi II SMK N 1 Soe, 85519, Indonesia  
E-mail: fajarlon@gmail.com*

### Abstrak

*Telah dikembangkan media pembelajaran berupa animasi tumbukan elastis dalam 1 dimensi menggunakan Macromedia Flash 8.0. Desain media ini dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu input proses dan output. Input didesain agar supaya data-data awal dapat diinputkan untuk diproses. Proses yaitu bagaimana nilai yang diinputkan diproses berdasarkan hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi untuk menampilkan output yang diinginkan. Sedangkan output berupa tampilan nilai kecepatan kedua benda setelah bertumbukan, nilai momentum dan energi serta visualisasi tumbukan kedua benda dan visualisasi momentum dan energi. Visualisasi tumbukan ini didesain menggunakan program action script 2.0. Media animasi yang telah didesain ini dapat menganimasikan tumbukan dengan baik berdasarkan input nilai kecepatan dan massa dua benda sebelum tumbukan sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran fisika.*

**Kata kunci:** tumbukan; macromedia flash 8.0; action script 2.0; media pembelajaran

### Abstract

*[Title: Design of Collision Animation Using Macromedia Flash 8.0] A Learning media of collision animation has developed using Macromedia Flash 8.0. This media designed through three main parts, namely input, process, and output. The input was designed in order to input the initial data to be processed. Process was designed in order to process the initial data based on the law of conservation of momentum and conservation energy to display the desired output. While the output was designed to display the values of the velocity of the two objects after the collision, the value of momentum and energy and the visualization of the collision of the two objects as well as vsualisation of momentum and energy. The collision visualization was designed using the action script 2.0 program. This animation media that has been designed can animate collisions well based on the input values of velocity and mass of two objects before the collision and can be used in physics learning process.*

**Keywords:** collision; macromedia flash 8.0; action script 2.0; learning media

### PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit dan kurang diminati oleh siswa. Hal ini disebabkan karena di dalam fisika, terdapat banyak konsep yang bersifat abstrak dan sukar untuk dibayangkan. Oleh karena itu, siswa atau pembelajar langsung belajar rumus-rumus ketika belajar fisika tanpa mendalami alasan dan falsafah yang mendasari konsep tersebut yang sudah diterjemahkan dalam rumusan matematika. Ilmu fisika merupakan ilmu empiris yang membutuhkan dukungan hasil eksperimen. Oleh karena itu, teori dan eksperimen dalam fisika merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan [1]. Hasil-hasil eksperimen yang diperoleh dapat digunakan untuk memahami konsep-konsep fisika yang dipelajari. Oleh karena, mempelajari fisika tidak hanya difokuskan pada rumus, tetapi juga perlu diseimbangkan dengan eksperimen dan bagaimana upaya untuk membuat konsep-konsep yang bersifat abstrak menjadi nyata.

Kenyataannya, tidak mudah untuk mewujudkan konsep fisika yang abstrak ini menjadi nyata. Dalam proses belajar fisika, memang selalu didampingi dengan eksperimen sebagai upaya untuk membuat konsep yang abstrak ini menjadi nyata. Akan tetapi tidak

semua konsep fisika dapat diwujudkan dalam eksperimen di laboratorium. Oleh karena itu diperlukan upaya lain untuk mengatasi keterbatasan-keterbatasan ini.

Perkembangan komputer memungkinkan kita untuk mengatasi keterbatasan praktikum di laboratorium. Selain itu, dengan bantuan *software* tertentu, suatu konsep yang abstrak dapat divisualisasikan dengan menarik. Hal ini akan sangat membantu pengajar fisika untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak tersebut. Selain itu, siswa dapat lebih mudah memahami konsep fisika yang dipelajari dengan bantuan komputer dan *software*.

Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk pembuatan animasi adalah *Macromedia Flash 8.0*. *Macromedia Flash 8.0* dapat juga digunakan untuk tujuan presentasi, simulasi, *games*, navigasi situs web, aplikasi web, iklan dan lain sebagainya [2]. *Macromedia Flash 8.0* dapat digunakan sebagai media pembelajaran secara interaktif yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan media tersebut. Oleh karena itu *software* ini dapat pula digunakan sebagai media pembelajaran fisika yang interaktif yang dapat mensimulasikan dan memvisualisasikan suatu konsep fisika yang abstrak.

Momentum dan impuls merupakan salah satu materi yang dipelajari dalam fisika. Dua benda yang bertumbukan akan berlaku hukum kekekalan momentum yaitu besar momentum sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama besar. Besaran-besaran fisis dalam peristiwa tumbukan ini adalah kecepatan dan massa benda sebelum dan sesudah tumbukan. Massa benda adalah sama sebelum dan sesudah tumbukan, sedangkan kecepatan tidak selalu sama sebelum dan sesudah tumbukan. Fenomena tumbukan bukannya tidak bisa diamati di laboratorium, namun kejadiannya pada umumnya dalam waktu yang sangat singkat sehingga besaran seperti kecepatan kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan sulit diamati dengan seksama apalagi diukur. Oleh karena itu, tumbukan merupakan salah satu konsep fisika yang kebanyakan hanya bisa dibayangkan dalam proses pembelajaran.

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa *Macromedia Flash 8.0* dapat digunakan untuk tujuan animasi, simulasi dan visualisasi. Oleh karena itu, *Macromedia Flash 8.0* dapat dimanfaatkan untuk menganimasikan proses tumbukan berdasarkan pada massa dan kecepatan dua benda yang ditentukan sebelum tumbukan. Animasi tumbukan dengan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* dapat dimanfaatkan untuk membuat pembelajaran tentang tumbukan dalam fisika menjadi lebih nyata dan menarik bagi siswa.

Penggunaan animasi *Macromedia Flash* pada materi momentum dan impuls dalam proses pembelajaran terbukti meningkatkan pemahaman konsep siswa [3]. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan animasi dalam pembelajaran sangat membantu siswa dalam memahami suatu konsep fisika yang abstrak. Animasi bermanfaat sebagai laboratorium virtual untuk mendaratkan suatu konsep fisika yang bersifat abstrak tanpa menggunakan peralatan laboratorium yang nyata [4]. Oleh karena itu, mendesain sebuah laboratorium virtual menggunakan bantuan *software* seperti *Macromedia Flash* sangat bermanfaat bagi proses pembelajaran fisika.

Desain animasi tumbukan sudah dilakukan dengan *Macromedia Flash* [5], namun masih ada beberapa hal yang masih bisa ditambahkan seperti visualisasi momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan. Visualisasi momentum dan energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan dapat didesain di *Macromedia Flash* dengan menganimasikan *tools* yang dimiliki oleh *Macromedia Flash*. Oleh karena itu, dalam artikel ini, akan dibahas pengembangan animasi tumbukan yang dapat memvisualisasikan dua benda yang bertumbukan secara linear atau 1 dimensi berdasarkan pada input nilai awal (kecepatan dan massa). Desain ini juga dapat menganimasikan momentum dan energi masing-masing benda serta momentum dan energi total sebelum dan sesudah tumbukan. Selain itu, mendesain sebuah animasi atau tidak mengambil dari animasi yang sudah jadi dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam proses pembelajaran.

Dua benda yang bergerak dalam arah yang berlawanan pada suatu lintasan yang sama dan berbentuk garis lurus pada suatu waktu tertentu akan saling bertumbukan. Proses setelah tumbukan sangat bergantung kepada besaran fisis sebelum tumbukan seperti gaya,

massa, kecepatan, momentum dan energi. Seringkali, gaya yang bekerja selama proses tumbukan tidak diketahui secara pasti. Yang dapat diketahui adalah momentum dan energi bersifat kekal, yaitu bernilai sama sebelum dan sesudah tumbukan. Berdasarkan pada prinsip kekekalan momentum dan kekekalan energi maka hasil tumbukan dapat diperkirakan [6].

Jika dua benda berturut-turut bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  bergerak dalam arah yang berlawanan pada sebuah lintasan berupa garis lurus dengan besar kecepatan berturut-turut adalah  $v_1$  dan  $v_2$ , akan mengalami tumbukan dengan kecepatan setelah tumbukan berturut-turut adalah  $v_1'$  dan  $v_2'$  maka dari hukum kekekalan momentum dapat diperoleh

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1)$$

Sedangkan berdasarkan pada kekekalan energi kinetik pada proses tumbukan, maka dapat diperoleh

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

Persamaan (1) dapat dituliskan dalam bentuk lain sebagai

$$m_1 (v_1 - v_1') = -m_2 (v_2 - v_2') \quad (3)$$

Persamaan (2) dapat juga dituliskan dalam bentuk lain sebagai

$$m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = -m_2 (v_2 - v_2')(v_2 + v_2') \quad (4)$$

Jika Persamaan (4) dibagi dengan Persamaan (3) maka akan diperoleh

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2' \quad (5)$$

Persamaan (5) digunakan untuk mendapatkan  $v_1'$  dan  $v_2'$  dengan cara mensubstitusikannya ke Persamaan (2) atau (3). Hasilnya adalah

$$v_1' = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) v_1 + \left( \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) v_2 \quad (6)$$

$$v_2' = \left( \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) v_1 + \left( \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) v_2 \quad (7)$$

Persamaan (1), (2), (6), dan (7) digunakan dalam mendesain animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash* yang hasilnya dibahas pada artikel ini untuk menghitung kecepatan, momentum, dan energi kedua benda sebelum dan setelah tumbukan. Selain itu, nilai kecepatan digunakan sebagai nilai untuk animasi gerak dua benda yang bertumbukan, nilai massa digunakan sebagai ukuran dimensi benda saat animasi atau visualisasi, sedangkan nilai momentum dan energi digunakan untuk menganimasikan momentum dan energi yang dimiliki oleh kedua benda dalam proses terjadinya tumbukan.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [7] namun dalam penelitian ini, dibatasi pada tahapan *Analysis, Design* dan *Development*. Pada tahap *Analysis*, dilakukan 1) studi literatur; 2) analisis kebutuhan; 3) analisis variabel input, proses dan variabel output berdasarkan teori; 4) Analisis output berupa animasi dan visualisasi tumbukan. Pada tahap *Design* dilakukan perancangan animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* berdasarkan pada hasil yang diperoleh pada tahap *Analysis*. Sedangkan pada tahap *Development*, dilakukan eksperimen menggunakan hasil desain animasi tumbukan dan membandingkannya dengan teori untuk memastikan kebenaran atau kesesuaian animasi dengan teori. Animasi dalam penelitian ini dibatasi pada tumbukan elastis 1 dimensi.

Pengembangan animasi ini menggunakan *Software Macromedia Flash 8.0* dengan bantuan bahasa program *action script 2.0* yang telah terpaket dengan *Macromedia Flash*

8.0. *Macromedia Flash 8.0* dapat diinstal dengan mudah pada sebuah komputer yang hasil *running*-nya berupa video interaktif yang dapat digunakan di semua komputer tanpa harus menginstal *Macromedia Flash 8.0*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis (*analysis*)

Animasi tumbukan sudah dilakukan oleh *Physics Education Technology* (PhET) meskipun tidak menggunakan *Macromedia Flash*. Demikian juga animasi yang sudah dilakukan dengan *Macromedia Flash* [5]. Akan tetapi belum dilengkapi dengan simulasi atau animasi perubahan momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan.

Tabel 1. Hasil analisis besaran fisis untuk animasi tumbukan

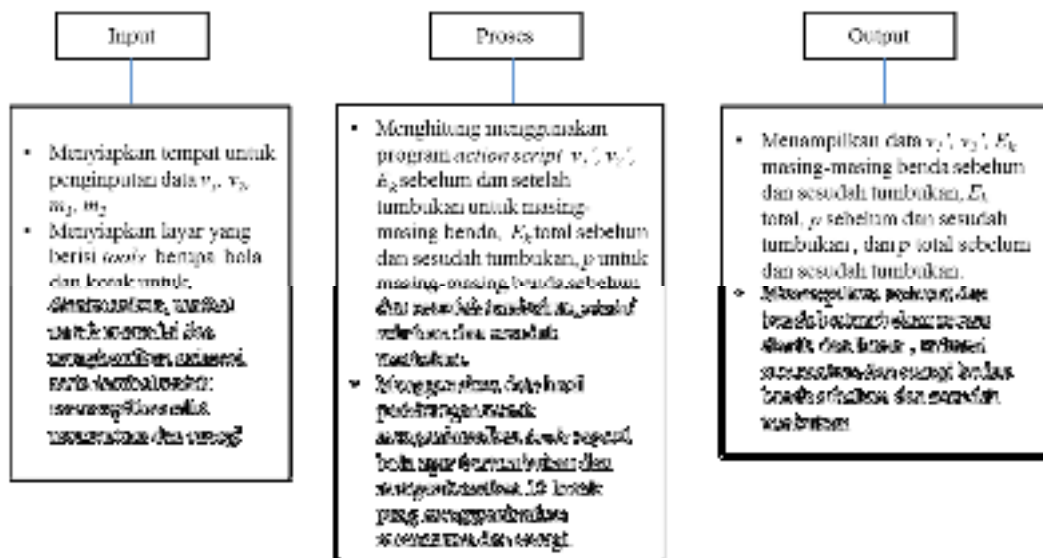
No	Besaran Fisis Tumbukan	Simbol	Satuan	Persamaan	Keterangan
1	Kecepatan benda 1 sebelum tumbukan	$v_1$	m/s	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan sebagai input dalam animasi</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 1 dalam animasi sebelum tumbukan</li> </ul>
2	Kecepatan benda 2 sebelum tumbukan	$v_2$	m/s	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan sebagai input dalam animasi</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 2 dalam animasi sebelum tumbukan</li> </ul>
3	Kecepatan benda 1 Setelah tumbukan	$v_1'$	m/s	Persamaan (6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dihitung dalam program <i>action script</i> dan ditampilkan sesaat setelah tumbukan</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 1 setelah tumbukan</li> </ul>
4	Kecepatan benda 2 setelah tumbukan	$v_2'$	m/s	Persamaan (7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dihitung dalam program <i>action script</i> dan ditampilkan sesaat setelah tumbukan</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 2 setelah tumbukan</li> </ul>
5	Massa benda 1	$m_1$	kg	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan sebagai input dalam animasi</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran dimensi benda 1</li> </ul>
6	Massa benda 2	$m_2$	kg	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan sebagai input dalam animasi</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran dimensi benda 2</li> </ul>
7	Momentum Kekekalan Momentum	$p$	Kg m/s	$p = m v$ Persamaan (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dihitung dalam program <i>action script</i> untuk setiap benda sebelum dan sesudah tumbukan</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digunakan sebagai ukuran animasi momentum ke dua benda sebelum dan sesudah tumbukan</li> <li>• Ditampilkan nilainya</li> <li>• Dihitung dalam program <i>action script</i> untuk setiap benda sebelum dan sesudah tumbukan</li> <li>• Digunakan sebagai ukuran animasi energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan</li> <li>• Ditampilkan nilainya</li> </ul>
8	Energi kinetik dan Kekekalan Energi Kinetik	$E_k$	Joule	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_k = 1/2mv^2</math></li> <li>• Persamaan (2)</li> </ul>

Momentum dan energi hanya ditampilkan nilainya saja dalam animasi-animasi yang sudah ada. Mengingat momentum dan energi merupakan besaran fisis yang penting dalam peristiwa terjadinya tumbukan, maka perlu untuk divisualisasikan dalam animasi tumbukan. Untuk itu penulis melakukan desain animasi tumbukan dengan menambahkan animasi momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0*. Selain itu, pengaturan tampilan dapat diatur sesuai kebutuhan, kapan dan di mana saja. Ada pun besaran-besaran fisis dalam proses tumbukan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 yang digunakan sebagai standar dalam desain animasi tumbukan.

### Desain

Desain animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* terdiri dari tiga bagian besar yaitu input, proses dan output. Adapun skema desain animasi tumbukan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema proses desain animasi tumbukan dengan *Macromedia Flash 8.0*

Sistem didesain dengan memanfaatkan fitur-fitur atau *tools* pada *Macromedia Flash 8.0* seperti lingkaran untuk mewakili benda, garis lurus untuk landasan, *static* teks untuk menulis keterangan, *input* teks untuk input maupun output data serta kotak untuk pembuatan tombol maupun sebagai diagram batang untuk tujuan animasi energi dan momentum. Agar *tools* yang telah disiapkan pada layar dapat bergerak sesuai yang

diinginkan, maka *instance name* masing masing-masing harus diberikan nama yang unik sehingga dapat dipanggil dalam program *action script* untuk proses perhitungan maupun animasi. Demikian juga nilai kecepatan dan massa yang diinputkan perlu disimpan dalam sebuah variabel agar dipanggil oleh program *action script* dalam proses perhitungan.

Nilai-nilai yang telah diinputkan seperti kecepatan kedua benda sebelum tumbukan dan massa kedua benda kemudian digunakan untuk menghitung nilai kecepatan sesudah tumbukan, momentum, dan energi masing-masing benda serta gabungan keduanya. Nilai kecepatan juga menjadi ukuran yang dipakai untuk menganimasikan kecepatan benda yang sedang bergerak baik itu sebelum tumbukan maupun sesudah tumbukan. Jika benda 1 memiliki kecepatan lebih kecil dari benda 2, maka dalam animasi akan tampak secara jelas bahwa benda 1 bergerak lebih lambat dibandingkan dengan benda 2. Arah gerak gerak ke dua benda setelah tumbukan, dianimasikan sedemikian rupa sehingga sangat sesuai dengan teori. Artinya arah gerak ke-dua benda sangat bergantung pada nilai input yang di masukkan pada sistem animasi yang telah didesain. Demikian juga data kecepatan dan massa digunakan untuk menghitung momentum dan energi kemudian divisualisasikan. Data visualisasi momentum dan energi ini dapat bermanfaat untuk memahami konsep kekal momentum dan energi dalam proses tumbukan.

Proses animasi tumbukan ini dilakukan dengan memanfaatkan program *action script 2.0* yang terpaket dengan software *Macromedia Flash 8.0*. Bahasa program *action script 2.0* mudah untuk dipahami dan mudah untuk digunakan untuk animasi. Ada pun cuplikan program *action script 2.0* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

```

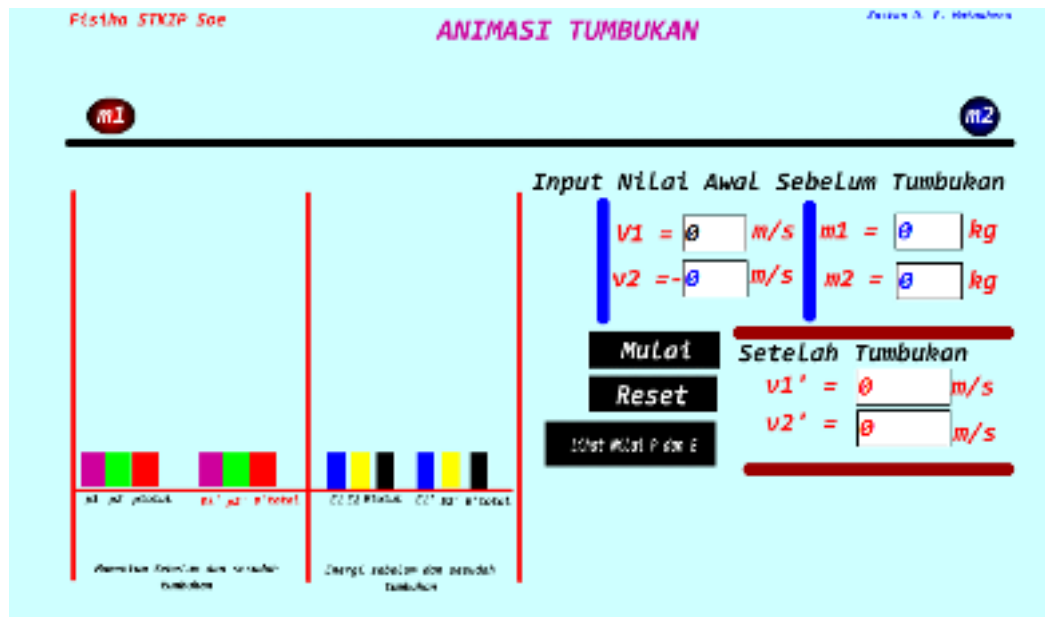
if (bola1.hitTest(bola2)) //jika benda 1 menumbuk benda 2
{
    a=v1;// menyimpan nilai v1 pada a
    b=v2;// menyimpan nilai v2 pada b
    v11=(((m1-m2)/(m1+m2))*a)+(((2*m2)/(m1+m2))*b*(-
));//hitung v1'
    v22=(((2*m1)/(m1+m2))*a)+(((m2-m1)/(m1+m2))*b*(-
));//hitung v2'
    sistem = "gerak2";//eksekusi sub program gerak2, yaitu gerak
setelah tumbukan
}

```

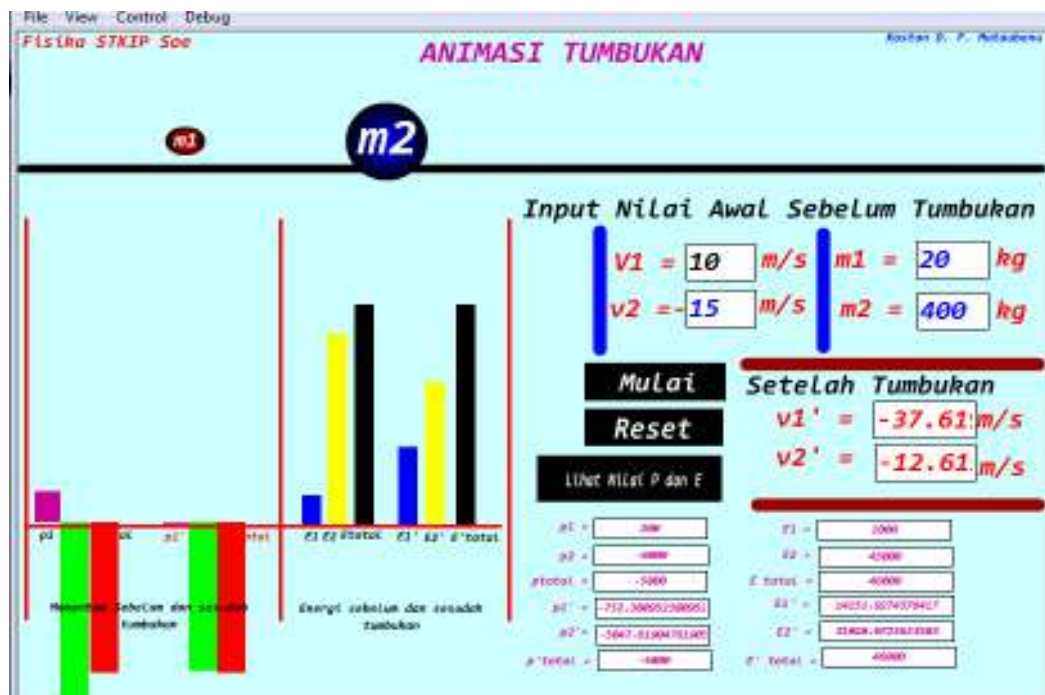
Apabila program ini dijalankan, maka akan muncul file dengan ekstensi *.swf* (*shock wave flash*). File ini dapat dipindahkan ke komputer lain dan dijalankan menggunakan aplikasi pemutar video yang ada di komputer lain tersebut tanpa harus diinstal software *Macromedia Flash*. Ada pun tampilan file ketika program ini dijalankan dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai kecepatan benda 1 dan benda 2 sebelum tumbukan diinputkan dengan cara diketikkan pada kotak v1 dan v2. Demikian juga untuk massa benda 1 dan benda 2 diketikkan pada kotak m1 dan m2 dalam satuan kilo gram. Setelah nilai-nilai tersebut terisi tombol *Mulai* diklik. Ketika diklik, kedua benda berbentuk bola akan bergerak saling mendekati dengan kecepatan sesuai dengan nilai yang dimasukkan. Bentuk kedua benda juga akan berubah sesuai dengan nilai massa benda yang diinputkan. Ketika tombol *Mulai* diklik, juga akan tampil animasi momentum dan energi serta momentum dan energi total kedua benda dalam bentuk diagram batang. Kecepatan kedua benda sesaat setelah tumbukan akan ditampilkan pada kotak *v1'* dan *v2'*. Selain itu animasi momentum dan energi kedua benda setelah tumbukan serta animasi momentum dan energi total akan ditampilkan. Jadi dapat dibandingkan momentum dan energi kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan. Tombol *Reset* digunakan untuk mengembalikan sistem animasi ke keadaan semula untuk memulai animasi baru dengan nilai yang berbeda. Nilai momentum

dan energi dapat dilihat dengan menekan tombol *Lihat nilai p dan E*. Gambar 3 berikut ini menunjukkan tampilan layar ketika dilakukan animasi tumbukan linear.



Gambar 2. Tampilan awal animasi tumbukan dengan *Macromedia Flash 8.0*



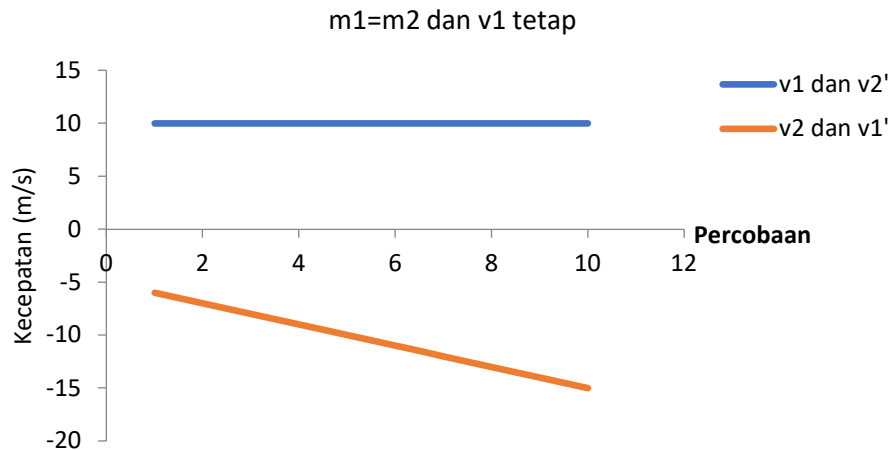
Gambar 3. Tampilan layar animasi ketika dijalankan

Setelah program dijalankan, semuanya bekerja dengan baik, terlihat dari sistem animasi tumbukan berlangsung sesuai nilai awal kecepatan dan massa yang diinputkan, dimensi benda menyesuaikan dengan besar massa yang diinputkan, serta dimensi kotak yang merepresentasikan momentum dan energi menyesuaikan dengan besar momentum dan energi yang dihitung. Demikian juga nilai kecepatan setelah tumbukan serta nilai momentum dan energi yang ditampilkan sesuai dengan teori.

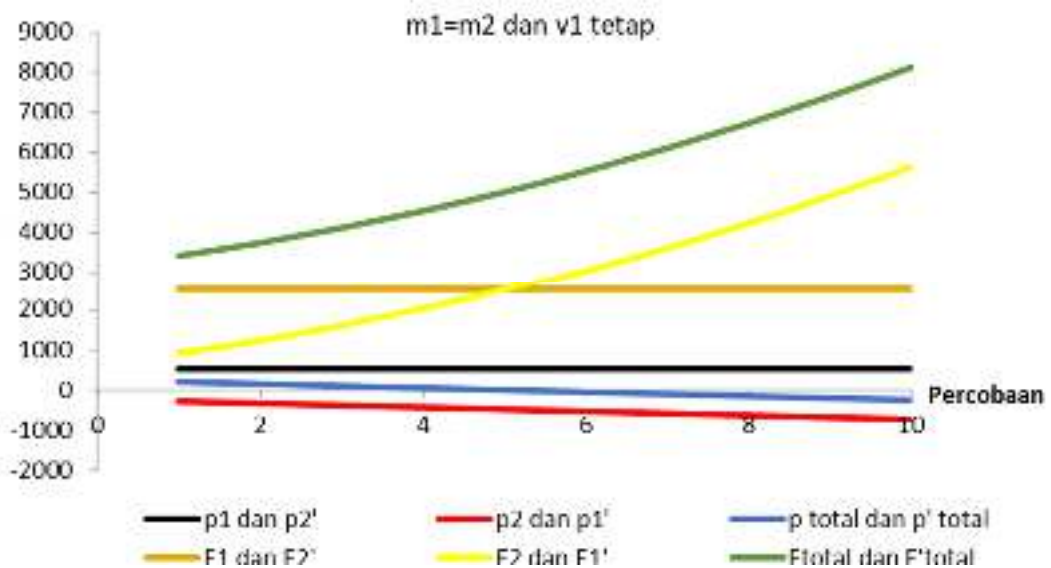
### Pengembangan (*Development*)

Untuk memastikan bahwa sistem animasi tumbukan yang didesain ini bekerja dengan tepat, maka dilakukan pengujian berupa eksperimen untuk dibandingkan hasilnya dengan teori yang ada. Hasil eksperimen dengan kondisi awal yaitu massa kedua benda sama dan tetap ( $m_1=m_2$ ), kecepatan benda 1 tetap, kecepatan benda dua diubah-ubah.

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa pada percobaan atau eksperimen virtual pada kondisi pertama ini, nilai  $m_1 = m_2$  dan tetap demikian juga  $v_1$  tetap sedangkan  $v_2$  diubah-ubah. Eksperimen virtual ini dilakukan sebanyak 10 kali. Ada pun hasil eksperimen dapat dilihat di grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik kecepatan ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan (hasil eksperimen dengan animasi *Macromedia Flash*,  $m_1 = m_2$ =tetap dan  $v_1$ =tetap,  $v_2$  berubah-ubah)



Gambar 5. Grafik momentum dan energi ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan (hasil eksperimen dengan *Macromedia Flash*,  $m_1 = m_2$  = tetap dan  $v_1$ =tetap,  $v_2$  berubah-ubah)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 di atas, tampak bahwa  $v_1$  sama dengan  $v_2'$  sedangkan  $v_2$  sama dengan  $v_1'$ . Data ini menunjukkan bahwa jika massa kedua benda yang bertumbukan bernilai sama, maka kecepatan kedua benda setelah bertumbukan saling bertukar. Hal ini sesuai dengan Persamaan (6) dan Persamaan (7) di atas. Tampak juga bahwa kurva  $v_2$  dan  $v_1'$  terletak di bawah nol atau negatif yang menandakan bahwa benda 2 sebelum tumbukan dan benda 1 setelah tumbukan bergerak ke arah kiri. Demikian juga untuk kurva  $v_1$  dan  $v_2'$  berada di atas nol atau positif menandakan bahwa benda 1 sebelum tumbukan dan benda 2 setelah tumbukan bergerak ke arah kanan. Nilai yang ditampilkan sesuai dengan tampilan animasi yang didesain dalam penelitian ini. Jadi hasil yang



ditampilkan baik nilai maupun animasi, sesuai dengan teori tentang tumbukan dua benda secara linear.

Grafik pada Gambar 5 di atas menggambarkan momentum dan energi ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan serta momentum total dan energi total kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan. Terlihat bahwa untuk kasus  $m_1 = m_2$  dan  $v_1$  tetap, diperoleh bahwa: a) momentum benda 1 sebelum tumbukan ( $p_1$ ) dan momentum benda 2 setelah tumbukan ( $p_2'$ ) sama dan bernilai tetap untuk setiap percobaan, yang menunjukkan bahwa momentum benda 1 ditransfer ke benda 2 setelah tumbukan; b) Momentum benda 2 sebelum tumbukan ( $p_2$ ) sama dengan momentum benda 1 setelah tumbukan ( $p_1'$ ) pada setiap percobaan dengan arah momentum ke kiri, yang berarti momentum benda dua ditransfer ke benda 1 setelah tumbukan; c) Energi kinetik benda 1 ( $E_1$ ) sama dengan energi kinetik benda 2 setelah tumbukan ( $E_2'$ ) dan bernilai tetap; d) Energi kinetik benda 2 sebelum tumbukan ( $E_2$ ) sama besar dengan energi kinetik benda 1 setelah tumbukan ( $E_1'$ ) dengan tren grafik fungsi kuadrat; e) Energi kinetik total ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan sama besar dan dengan tren grafik fungsi kuadrat.

Hasil eksperimen dengan animasi *Macromedia Flash* yang diwakilkan oleh grafik pada Gambar 5 sesuai dengan Persamaan (1) dan Persamaan (2). Dengan mengatur kondisi awal yaitu massa benda 1 dan benda 2 sama besar dan tetap, kecepatan benda 1 tetap dan kecepatan benda 2 berubah-ubah, maka hasil eksperimen sama seperti grafik pada Gambar 4 di atas baik energi maupun momentum, karena sangat bergantung pada data-data awal yang diinputkan ke dalam animasi. Hasil ini menunjukkan bahwa desain animasi tumbukan dengan *Macromedia Flash* ini bekerja dengan baik sesuai dengan teori dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil eksperimen secara virtual terkait tumbukan elastis linear dapat disimpulkan bahwa animasi tumbukan dengan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* ini dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan teori yang mendasarinya. Oleh karena itu, sistem ini dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran secara khusus terkait dengan topik tumbukan. Sistem animasi tumbukan ini dapat digunakan untuk melatih kemampuan siswa untuk membaca grafik, keterampilan proses dan kinerja ilmiah. Agar sistem ini lebih baik, maka diperlukan validasi ahli pada tahap pengembangan (*Development*) sehingga mendapatkan umpan balik yang bermanfaat bagi sistem animasi ini. Selanjutnya dapat dikembangkan untuk animasi tumbukan dua dimensi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Mayub, A. 2005. *e-Learning Fisika Berbasis Macromedia Flash MX*. Yogyakarta: Graha Ilmu
2. N. Ardiansyah, "Tutorial macromedia flash profesional 8 untuk pemula 1," pp. 1–66, 2013.
3. M. I. Fakhri, Bektiarso, S. & Supeno. 2016. "Penggunaan Media Pembelajaran Animasi Berbantuan Macromedia Flash Pada Pembelajaran Fisika Pokok Bahasan Momentum, Impuls, Dan Tumbukan Kelas X Sma," *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 7, no. 3, pp. 271–277
4. Mirdayanti, R. & Murni. 2017. "Kajian Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Simulasi Sebagai Upaya Mengatasi Ketidak-Sediaan Laboratorium," *Visipena J.*, vol. 8, no. 2, pp. 323–330, doi: 10.46244/visipena.v8i2.415.
5. Wirawan, G. P. 2014. "Simulasi Flash: Momentum Linear + Source Code Action Script". <http://tutorialbae.blogspot.com/2014/12/simulasi-flash-momentum-linear-source.html>,
6. Halliday, D. Resnick, R. & Walker, J. 2010. *Fisika Dasar*, 7th ed. Jakarta: Erlangga.
7. Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kalitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA,.