

ANALISIS VIDEO KEJADIAN FISIKA DENGAN *SOFTWARE TRACKER* SEBAGAI RANCANGAN BAHAN AJAR MOMENTUM DAN IMPULS UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERFIKIR KRITIS SISWA SMA KELAS X

¹⁾ Lukman Fadholi, ¹⁾ Alex Harijanto, ¹⁾ Albertus Djoko Lesmono

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

lukmanf205@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze video of physics phenomenon on matter of momentum-impuls by using tracker software and then used as design of teaching material of momentum-impuls in increasing student critical thinking skills of senior high school at class X. This research type was research of descriptive analysis. The result of video analysis of physics phenomenon with tracker software prove there were 3 types of collision that were elastic collision, unelastic collision, and perfectly unelastic collision based on conservation of momentum, conservation of kinetic energy, and magnitude of restitution coefficients value. The magnitude of impuls equal to $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$. The design of teaching material was design of student worksheets on momentum-impuls material to improve students' critical thinking skills consisting of titles, basic competencies, study guides, learning objectives, matter, assignments, and questions.

Key words: video analyze, critical thinking skill, momentum and impuls, software tracker, teaching material

PENDAHULUAN

Salah satu sumber belajar fisika dapat diperoleh melalui peristiwa fisika dalam kehidupan sehari-hari maupun peristiwa fisika yang dikondisikan keadaannya agar diperoleh keadaan yang ideal untuk keperluan penelitian atau pembelajaran. Peristiwa fisika tersebut jika ditampilkan dalam bentuk video, maka disebut sebagai video kejadian fisika. Pembelajaran fisika dengan memanfaatkan video kejadian fisika memungkinkan peneliti atau siswa untuk menggali konsep fisika melalui kegiatan analisis.

Analisis video kejadian fisika merupakan kegiatan analisis yang dilakukan pada suatu video kejadian fisika untuk memahami konsep yang terdapat pada video kejadian fisika tersebut. Beberapa contoh peneliti yang melakukan

penelitian tentang analisis video kejadian fisika diantaranya: Kinchin (2016) menganalisis video gerak harmonis, Wee *et al.* (2015) menganalisis gerak vertikal ke atas dan ke bawah, Rodrigues dan Simeao (2013) menganalisis video pada permainan *angry bird*, Sirisathikul *et al.* (2013) menganalisis video bola yang dijatukan, dan Wee *et al.* (2012) menganalisis video gerak parabola. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa analisis video kejadian fisika, berguna untuk membuktikan konsep yang terdapat pada kejadian fisika dikehidupan nyata terhadap teori yang ada, sehingga fisika dapat lebih dipahami secara kontekstual.

Melalui pemanfaatan teknologi, proses pembelajaran menjadi hemat waktu, bebas hambatan geografis, ekonomis,

meningkatkan kualitas eksperimen, meningkatkan efektifitas pembelajaran dan meningkatkan keamanan (Catarina, 2015). Penggalian konsep fisika melalui kegiatan analisis, dapat dilakukan dengan bantuan teknologi berupa *software* berbasis analisis video kejadian fisika, misalnya adalah *Tracker*, *software* ini layak digunakan dengan predikat sangat baik untuk menganalisis video kinematika gerak (Fitrianto dan Sucahyo, 2016).

Topik yang paling sesuai untuk *software Tracker* adalah yang berkaitan dengan kinematika dan fenomena gerak secara umum (Habibullah dan Madlazim, 2014). *Software tracker* memiliki fasilitas Pengkalibrasian, sehingga hasil ukur yang diperoleh akan sangat mendekati kenyataan (Ristanto, 2012). Hal ini membuktikan bahwa *software tracker* sangat baik digunakan untuk menganalisis video kejadian fisika.

Hasil dari kegiatan analisis video kejadian fisika yang telah dilakukan oleh peneliti, dapat dikembangkan untuk dijadikan suatu rancangan bahan ajar tertentu untuk siswa. Melihat bahwa video yang digunakan adalah video kontekstual, maka bahan ajar ini merupakan bahan ajar kontekstual. Menurut Oktaviani *et al.* (2017), penggunaan bahan ajar kontekstual dapat meningkatkan penguasaan konsep. Selain itu, penyusunan bahan ajar, dapat dirancang dan diarahkan pada suatu keterampilan tertentu misalnya berfikir kritis (Rofiah *et al.*, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Jaya (2012), menyatakan bahwa bahan ajar cetak konvensional, hanya memuat definisi dari konsep, kumpulan rumus-rumus, contoh soal, dan latihan soal. Materi yang disajikan dalam bahan ajar masih banyak yang bersifat abstrak, sehingga siswa kurang mampu menganalisisnya. Selain itu, materi yang disajikan dalam bahan ajar masih jarang dikaitkan dengan pengamatan kejadian aktual di dunia nyata, sehingga pembelajaran fisika melalui proses atau prosedur penggalian konsep secara langsung dengan memanfaatkan kejadian

kontekstual masih sangat jarang diterapkan di sekolah menengah, penyajian pembelajaran fisika masih bersifat teoritis. Sedangkan seharusnya dalam pembelajaran IPA, termasuk fisika didalamnya, berkaitan erat dengan kegiatan melaksanakan tugas, misalnya berupa tugas observasi, pengukuran, praktikum, analisis data, dan sebagainya (Lesmono, 2014). Berdasarkan hal diatas, maka dapat diasumsikan bahwa kemampuan berfikir kritis siswa masih kurang dilatih dengan baik dalam pembelajaran.

Salah satu materi yang masih disajikan secara teoritis sehingga siswa kurang mampu menganalisisnya adalah materi momentum dan impuls. Pada sejumlah kejadian tumbukan, setidaknya ada sejumlah energi kinetik yang hilang. Dengan demikian sebenarnya tumbukan tersebut tidak elastis. Berdasarkan hal tersebut, kita dapat *mengaproksimasi*kan tumbukan tersebut adalah elastis dengan memilih untuk mengabaikan sejumlah kecil energi kinetik yang hilang (Halliday *et al.*, 2010). Melakukan pengukuran impuls secara langsung adalah sangat sulit, karena gaya yang bekerja dapat sangat bervariasi, selain itu lama waktu kontak terlalu singkat, sehingga untuk mempermudah pengukuran impuls, impuls dapat dihitung dengan mengukur perubahan momentum benda, karena impuls sama dengan perubahan momentum benda.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di SMAN Arjasa, SMAN 4 Jember, dan SMAN Pakusari, bahan ajar pada materi momentum dan impuls belum menyajikan kegiatan proses atau prosedur penggalian konsep dengan memanfaatkan kejadian kontekstual, sehingga siswa kurang mampu menganalisis konsep momentum dan impuls berdasarkan kejadian di dunia nyata. Penuangan indikator kemampuan berfikir kritis belum dikemas pada suatu bahan ajar tertentu. Melihat bahwa kejadian tumbukan dapat dengan mudah ditemui di dunia nyata dan terdapat *software tracker* yang dapat digunakan untuk membantu kegiatan

analisis video kejadian fisika, serta dibutukannya suatu bahan ajar yang dapat melatih kemampuan berfikir siswa, maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Video Kejadian Fisika dengan *Software Tracker* Sebagai Rancangan Bahan Ajar Momentum dan Impuls untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMA Kelas X”.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian analisis deskriptif, dengan alur penelitian: 1) Pengambilan video, terdapat 5 video yang dianalisis peneliti yaitu 3 video tumbukan 1 dimensi dan 2 video tumbukan 2 dimensi. 2) Analisis video, pada tahap ini dilakukan analisis terhadap video dan nilai kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan dengan menggunakan *software tracker*. 3) Analisis data, pada tahap ini dilakukan analisis data yang telah diperoleh dan dilakukan pembahasan hasil kemudian dibandingkan dengan teori. Tahap ini dilakukan untuk menjawab bagaimanakah hasil dari analisis video kejadian fisika materi momentum dan impuls dengan menggunakan *software tracker*. 4) Menyusun rancangan bahan ajar momentum dan impuls untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa SMA kelas X berdasarkan hasil analisis data. 5) Membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian yang diperoleh sebelum video dianalisis menggunakan *software tracker* adalah massa objek, panjang kalibrasi, dan sudut hambur. Sedangkan data hasil penelitian yang diperoleh setelah video dianalisis menggunakan *software tracker* adalah kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi. Adapun data hasil penelitian yang diperoleh peneliti, disajikan sebagai berikut:

a. Video tumbukan 1 dimensi

1) Video ke-1, merupakan video kejadian fisika kereta pasco A yang menumbuk kereta pasco B yang diam, setelah bertumbukan, kereta pasco A langsung berhenti dan kereta pasco B bergerak. Hal ini mengindikasikan bahwa energi kinetik dari kereta pasco A seluruhnya dipindahkan pada kereta pasco B. Data sudut hambur pada video kejadian fisika tumbukan satu dimensi dapat diabaikan, karena pada tumbukan satu dimensi tidak menghasilkan sudut hambur sebelum maupun setelah benda bertumbukan. Berdasarkan pengukuran, video ini memiliki data sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data pengukuran massa dan panjang kalibrasi

Benda	Massa	Panjang Kalibrasi
A	500 gram	2.28 meter
B	500 gram	

Sedangkan hasil analisis kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi pada video ke-1 tumbukan 1 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 1.2 Data kecepatan objek sesaat sebelum dan setelah tumbukan

Benda	Keadaan Sebelum/setelah tumbukan	Kecepatan \bar{v} (m/s)
A	Sebelum	0.480
A	Setelah	0
B	Sebelum	0
B	Setelah	0.480

2) Video ke-2, merupakan video kejadian fisika berupa kereta pasco A yang menumbuk kereta pasco B yang diam, setelah bertumbukan, kereta pasco A tidak berhenti ataupun menyatu dengan kereta pasco B, namun kereta pasco A masih bergerak ke arah depan. Hal ini mengindikasikan bahwa peluang jenis tumbukan pada video ini adalah tumbukan lenting sempurna atau lenting sebagian. Berdasarkan pengukuran, video ini memiliki data sebagai berikut:

Tabel 1.3 Data pengukuran massa dan panjang kalibrasi

Benda	Massa	Panjang Kalibrasi
A	1000 gram	2.28 meter
B	500 gram	

Sedangkan hasil analisis kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi pada video ke-2 tumbukan 1 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 1.4 Data kecepatan objek sesaat sebelum dan setelah tumbukan

Benda	Keadaan	Kecepatan \bar{v} (m/s)
A	Sebelum	0.663
A	Setelah	0.271
B	Sebelum	0
B	Setelah	0.783

3) Video ke-3, merupakan video kejadian fisika berupa kereta pasco A yang menumbuk kereta pasco B yang diam. Setelah bertumbukan, kereta pasco A dan kereta pasco B menyatu dengan kecepatan yang sama. Hal ini mengindikasikan bahwa jenis tumbukan pada video ini adalah tumbukan tidak lenting sama sekali. Berdasarkan pengukuran, video ini memiliki data sebagai berikut:

Tabel 1.5 Data pengukuran massa dan panjang kalibrasi

Benda	Massa	Panjang Kalibrasi
A	500 gram	2.28 meter
B	500 gram	

Sedangkan hasil analisis kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi pada video ke-3 tumbukan 1 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 1.6 Data kecepatan objek sesaat sebelum dan setelah tumbukan

Benda	Keadaan	Kecepatan \bar{v} (m/s)
A	Sebelum	0.600
A	Setelah	0.300
B	Sebelum	0
B	Setelah	0.300

b. Video tumbukan 2 dimensi

1) Video ke-1, merupakan video kejadian fisika berupa tumbukan bola billiard dengan pembatas papan billiard. Setelah bola billiard menumbuk dinding pembatas billiard, bola billiard terpantul dengan besar sudut pantul sama dengan besar sudut datang terhadap garis normal. Berdasarkan pengukuran, sudut datang bola billiard yang terbentuk terhadap garis normal sebesar 60° , sedangkan sudut hambur yang terbentuk sebesar 60° terhadap garis normal, sedangkan data massa dan panjang kalibrasi adalah sebagai berikut:

Tabel 1.7 Data pengukuran massa dan panjang kalibrasi

Benda	Massa	Panjang Kalibrasi
A	160 gram	30 cm

Sedangkan hasil analisis kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi pada video ke-1 tumbukan 2 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 1.8 Data kecepatan objek sesaat sebelum dan setelah tumbukan

Benda	Keadaan	Kecepatan \bar{v} (m/s)
A	Sebelum	0.946
A	Setelah	0.940

2) Video ke-2, merupakan video kejadian fisika tumbukan dua buah keping hoki. keping hoki warna kuning tidak menumbuk persis di pusat massa keping hoki warna merah, sehingga mengakibatkan kedua buah keping tersebut membentuk sudut setelah bertumbukan. Berdasarkan pengukuran, sudut hambur keping kuning yang terbentuk terhadap garis normal sebesar $63,4^\circ$, sedangkan sudut hambur keping merah sebesar $18,4^\circ$ terhadap garis normal, sedangkan data massa dan panjang kalibrasi adalah sebagai berikut:

Tabel 1.9 Data pengukuran massa dan panjang kalibrasi

Benda	Massa	Panjang Kalibrasi
-------	-------	-------------------

A	28.8 gram	4.79 cm
B	26.9 gram	

Sedangkan hasil analisis kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan terjadi pada video ke-2 tumbukan 2 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 1.10 Data kecepatan objek sesaat sebelum dan setelah tumbukan

Benda	Keadaan	Kecepatan \bar{v} (m/s)
A	Sebelum	0.470
A	Setelah	0.151
B	Sebelum	0
B	Setelah	0.453

Berdasarkan 5 video kejadian fisika yang telah diketahui nilai massa, kecepatan sesaat sebelum dan setelah tumbukan, beserta sudut hamburnya, maka selanjutnya dapat dilakukan analisis konsep momentum dan impuls pada 5 video kejadian fisika tersebut. Berdasarkan konsep yang terdapat pada kajian momentum dan impuls, peneliti akan membahas tentang keberlakuan hukum kekekalan momentum, keberlakuan kekekalan energi kinetik, besar koefisien restitusi, jenis tumbukan dan besar impuls saat benda bertumbukan pada masing-masing video.

Pada video tumbukan 1 dimensi, didapatkan bahwa:

a) pada video 1, berdasarkan perhitungan besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai yang sama yaitu 0.240 kg m/s , sehingga terbukti berlaku hukum kekekalan momentum atau $\Sigma \vec{p} = \Sigma \vec{p}'$. Berdasarkan perhitungan besar energi kinetik sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai energi kinetik yang sama pula, yaitu sebesar $0,0576 \text{ joule}$, sehingga dapat dinyatakan bahwa pada video ini berlaku hukum energi kinetik atau $\Sigma E_K = \Sigma E_{K'}$. Sedangkan besar koefisien restitusi. Berdasarkan perhitungan, didapatkan sebesar 1 . Berdasarkan berlakunya hukum kekekalan momentum, berlakunya hukum kekekalan energi kinetik, dan besar koefisien restitusi

1, maka video tumbukan ini dapat disimpulkan merupakan jenis tumbukan lenting sempurna. Besar impuls pada video ini dapat dinyatakan $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$ karena sama-sama bernilai 0.240 kg m/s .

b) Pada video 2, berdasarkan perhitungan besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai yang sama yaitu 0.663 kg m/s , sehingga terbukti berlaku hukum kekekalan momentum atau $\Sigma \vec{p} = \Sigma \vec{p}'$. Berdasarkan perhitungan besar energi kinetik sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai yang berbeda atau terjadi pengurangan energi kinetik sebesar 13,4 % yaitu dari $0,220 \text{ joule}$ menjadi $0,190 \text{ joule}$. Sedangkan besar koefisien restitusi berdasarkan perhitungan, didapatkan besar koefisien restitusi $0,772$. Berdasarkan berlakunya hukum kekekalan momentum, tidak berlakunya hukum kekekalan energi kinetik, dan besar koefisien restitusi diantara 0 sd 1, maka pada video tumbukan ini dapat disimpulkan merupakan jenis tumbukan lenting sebagian. Besar impuls pada video ini dapat dinyatakan $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$ karena sama-sama bernilai 0.392 kg m/s .

c) Pada video 3, berdasarkan perhitungan besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai yang sama yaitu 0.300 kg m/s , sehingga terbukti berlaku hukum kekekalan momentum atau $\Sigma \vec{p} = \Sigma \vec{p}'$. Berdasarkan perhitungan besar energi kinetik sebelum dan setelah tumbukan, didapatkan nilai yang berbeda atau terjadi pengurangan energi kinetik sebesar 49,9% yaitu dari $0,0899 \text{ joule}$ menjadi $0,045 \text{ joule}$. Sedangkan besar koefisien restitusi berdasarkan perhitungan, didapatkan besar koefisien restitusi 0 . Berdasarkan berlakunya hukum kekekalan momentum, tidak berlakunya hukum kekekalan energi kinetik, dan besar koefisien restitusi 0, maka pada video tumbukan ini dapat disimpulkan merupakan jenis tumbukan tidak lenting sama sekali. Besar impuls pada video ini dapat dapat dinyatakan $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$ karena

sama-sama bernilai sama yaitu 0.150 kg m/s .

Pada video tumbukan 2 dimensi didapatkan bahwa:

a) pada video 1, berdasarkan perhitungan, besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan didapatkan nilai hampir sama, pada sumbu x yaitu 0.131 kg m/s dan 0.130 kg m/s dan pada sumbu y yaitu 0.0757 kg m/s dan 0.0752 kg m/s . Perbedaan nilai ini sangat kecil, sehingga dapat diabaikan, maka dapat dinyatakan pada video ini berlaku $\Sigma P_x = \Sigma P'_x$ dan $\Sigma P_y = \Sigma P'_y$. Berdasarkan perhitungan energi kinetik, didapatkan nilai yang berbeda atau terjadi pengurangan energi kinetik sebesar 1,257% yaitu dari $0,0716 \text{ joule}$ menjadi $0,0707 \text{ joule}$. Sedangkan besar koefisien restitusi berdasarkan perhitungan, didapatkan besar koefisien restitusi $0,994$. Besar impuls pada video ini yaitu $0,00118 \text{ kg m/s}$.

b) Pada video 2, berdasarkan perhitungan besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan bernilai sama pada sumbu x yaitu 0.0135 kg m/s , sedangkan pada arah sumbu y besar momentum total sebelum dan setelah tumbukan bernilai hampir sama yaitu 0.00389 kg m/s dan $0,00385 \text{ kg m/s}$, perbedaan nilai ini sangat kecil, sehingga dapat diabaikan, maka dapat dinyatakan pada video ini berlaku $\Sigma P_x = \Sigma P'_x$ dan $\Sigma P_y = \Sigma P'_y$. Sedangkan berdasarkan perhitungan energi kinetik, didapatkan nilai yang berbeda atau terjadi pengurangan energi kinetik sebesar 2,830 % yaitu dari $0,00318 \text{ joule}$ menjadi $0,00309 \text{ joule}$. Sedangkan besar koefisien restitusi berdasarkan perhitungan, didapatkan besar koefisien restitusi $0,967$. Sedangkan besar impuls bernilai hampir sama yaitu $0,0121 \text{ kg m/s}$ dan $0,0122 \text{ kg m/s}$ sehingga dapat dinyatakan $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$.

Adanya sedikit perbedaan atau pengurangan pada besar momentum sesaat sebelum dan setelah tumbukan maupun pada besar

impuls adalah akibat adanya sedikit pengaruh gaya gesek antara objek dan lintasan, namun perbedaan ini sangat kecil, sehingga dapat diabaikan atau nilai dianggap sama. Pada video tumbukan 2 dimensi yang dianalisis peneliti baik video 2 dimensi yang pertama maupun kedua, setidaknya terdapat sejumlah kecil energi kinetik yang hilang, dengan demikian sebenarnya tumbukan tersebut bukan merupakan tumbukan lenting sempurna, namun kita dapat *mengaproksimasi* tumbukan tersebut adalah elastis sempurna dengan memilih untuk mengabaikan sejumlah kecil energi kinetik yang hilang. Maka adanya sejumlah kecil energi kinetik yang hilang atau berkurang sangat sedikit pada video tumbukan 2 dimensi pertama maupun kedua dapat dianggap tidak ada perubahan atau berlaku hukum kekekalan energi kinetik dan besar koefisien restitusi $0,994$ pada video tumbukan 2 dimensi pertama dan $0,967$ pada video tumbukan 2 dimensi kedua dapat dianggap 1. Berdasarkan hal tersebut, maka kedua video tumbukan 2 dimensi yang dianalisis peneliti merupakan jenis tumbukan lenting sempurna.

Berdasarkan hasil analisis 5 video kejadian fisika, dapat disusun suatu rancangan bahan ajar berupa lembar kerja siswa materi momentum dan impuls untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa yang terdiri dengan judul "Lembar Kerja Siswa Materi Momentum dan Impuls, kompetensi dasar berdasarkan kurikulum 2013 revisi 2016, petunjuk belajar, tujuan pembelajaran, materi momentum dan impuls secara padat dan ringkas, penugasan berupa analisis video tumbukan 1 dimensi dengan menggunakan *software tracker*, dan pertanyaan berdasarkan indikator berfikir kritis interpretasi, analisis, evaluasi dan inferensi. Pertanyaan ini merupakan pertanyaan kontekstual hasil dari analisis video kejadian fisika dengan *software tracker* pada 2 video tumbukan 1 dimensi dan 2 video tumbukan 2 dimensi. 1 video tumbukan 1 dimensi yang lain dimuat dalam bagian penugasan berupa

menganalisis vide tumbukan ini dengan menggunakan *software tracker*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari analisis video kejadian fisika dengan *software tracker* pada 3 video tumbukan 1 dimensi dan 2 video tumbukan 2 dimensi, didapatkan bahwa: 1) Terbukti terdapat 3 jenis tumbukan yaitu tumbukan lenting sempurna, lenting sebagian, dan tidak lenting sama sekali. Ketiga jenis tumbukan tersebut terbukti berdasarkan tinjauan keberlakuan hukum kekekalan momentum, hukum kekekalan energi kinetik, dan nilai koefisien restitusi. Besar impuls pada 5 peristiwa tumbukan ini, juga dapat dihasilkan nilai yang sesuai dengan berlakunya $\vec{I}_{AB} = -\vec{I}_{BA}$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa analisis video kejadian fisika tumbukan dengan *software tracker*, berhasil dilakukan dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan teori, meskipun pada tumbukan 2 dimensi terdapat sedikit perbedaan, namun perbedaan ini sangat kecil sehingga dapat diabaikan atau dianggap bernilai sama. 2) Rancangan bahan ajar yang disusun merupakan rancangan lembar kerja siswa materi momentum dan impuls untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa yang terdiri dari judul, kompetensi dasar, petunjuk belajar, tujuan pembelajaran, materi, penugasan, dan pertanyaan. Pada bagian pertanyaan ini, memuat pertanyaan berfikir kritis interpretasi, analisis, evaluasi dan inferensi. Pertanyaan ini merupakan pertanyaan kontekstual hasil dari analisis video kejadian fisika dengan *software tracker* pada 2 video tumbukan 1 dimensi dan 2 video tumbukan 2 dimensi. 1 video tumbukan 1 dimensi yang lain dimuat dalam bagian penugasan.

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti diantaranya: 1) Analisis video tumbukan dengan menggunakan *software tracker* menghasilkan nilai yang sesuai dengan teori, sehingga *software tracker* ini dapat digunakan untuk kegiatan analisis pada video kejadian fisika lainnya yang

berkaitan dengan gerak. 2) Rancangan lembar kerja siswa untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa berdasarkan hasil analisis video tumbukan yang telah disusun peneliti, dapat digunakan untuk kegiatan pembelajaran dikelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Catarina. 2015. Penggunaan virtual lab untuk meningkatkan keterampilan mahasiswa pendidikan biologi dalam menggunakan alat-alat mikrobiologi. *Jurnal kependidikan widya dharma*. Vol. 27(2): 160-174.
- Fitrianto, I. dan I. Suchyo. 2016. Penerapan *software tracker video analyzer* pada praktikum kinematika gerak. *Journal Inovasi Pendidikan Fisika*. Vol. 5(3): 92-97.
- Habibullah, M., dan Madlazim. 2014. Penerapan metode analisis video *software tracker* dalam pembelajaran fisika konsep gerak jatuh bebas untuk meningkatkan keterampilan proses siswa kelas X SMAN 1 sooko Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 4(1): 15-22.
- Halliday, D., R. Resnick, dan J. Walker. 2010. *Fisika Dasar Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Jaya, S.P. 2012. Pengembangan modul fisika kontekstual untuk meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik kelas X semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pascasarjana Undiksha*. Vol. 1(2): 1-24.
- Kinchin, John. 2016. Using tracker to prove the simple harmonic motion equation. *IOP Publishing Physics Education*. Vol. 51(5): 1-2.

- Lesmono, A. D. 2014. Pengembangan *performance assessment* berbasis web pada mata kuliah ipa terpadu untuk meningkatkan keterampilan berfikir kritis mahasiswa fisika. *Laporan Hasil Penelitian Hibah Khusus Bagi Peneliti Muda atau Pemula*. Jember: Universitas Jember.
- Oktaviani, W., Gunawan, dan Sutrio. 2017. Pengembangan bahan ajar fisika kontekstual untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. Vol.3(1):1-7.
- Ristanto, S. 2012. Eksperimen gerak jatuh bebas berbasis perekaman video di MA Wahid Hasyim. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. Vol. 3 (1): 1-8
- Rodrigues, M. and P. S. Carvalho. 2013. Teaching physics with angry bird: exploring the kinematics and dynamics of the game. *IOP Publishing Physics Education*. Vol. 48 (4): 431-437
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013PhyEd..48..431R>
- Rofiah, E., N. S. Aminah, dan E. Y. Ekawati. 2013. Penyusunan instrument tes kemampuan berfikir kritis tingkat tinggi fisika pada siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 1 (2): 17-22.
- Sirisathikul, C., P. Glawtanong, dan T. Eadkhong. 2013. Digital video analysis of falling objects in air and liquid using tracker. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*. Vol. 35(1):1504-1 – 1504-6.
- Wee, L. K., C. Chew, G. H. Goh, S. Tan, and T. L. Lee. 2012. Using tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *IOP Publishing Journal Physics Education*. Vol. 47(4): 448-455.
- Wee, L. K., K. K. Tan, T. K. Leong, and C. Tan. 2015. Using tracker to understand toss up and free fall motion. *IOP Publishing Journal Physics Education*. Vol. 50(4): 436-442.