

Tingkat Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret pada Materi Momentum

Geraldin Cintia Rosa¹, C. Cari², Nonoh Siti Aminah³

1,3 Program Studi S2 Pendidikan Fisika, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami no.36 Ketingan, Surakarta

2 Program Studi S2 Ilmu Fisika, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami no.36 Ketingan, Surakarta

Email : geraldin.rosa@student.uns.ac.id

Abstract: *Understanding concepts on the momentum material owned by students is vary. Some students have understood the concept in accordance with scientific truth, but some are not yet. Constraints experienced by students in understanding the concept can lead to misconception. This study aims to analyze the level of understanding of student concepts on the momentum material by using qualitative descriptive method. The subjects of this research are 33 students of Physics Education of Sebelas Maret University who have not received Basic Physics course. Data were collected by tests and interviews. The results showed that 77.27% of students experienced misconceptions on the transfer of energy of mutually colliding objects. Momentum and impulse materials have been taught in the XI Senior High School, though most students have not understood the concept as a whole.*

Keyword: *level of understanding, misconception, momentum*

Abstrak: Pemahaman konsep pada materi momentum yang dimiliki mahasiswa berbeda-beda. Sebagian mahasiswa sudah memahami konsep sesuai dengan kebenaran ilmiah, namun ada juga yang belum. Kendala yang dialami mahasiswa dalam pemahaman konsep tersebut dapat menimbulkan terjadinya miskonsepsi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada materi momentum dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Subjek penelitian yang digunakan adalah 33 mahasiswa Semester 1 Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret yang belum menerima mata kuliah Fisika Dasar. Data dikumpulkan dengan tes dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan 77,27% mahasiswa mengalami miskonsepsi pada transfer energi benda yang saling bertumbukan. Materi momentum dan impuls sudah diajarkan di kelas XI SMA, meskipun demikian sebagian besar mahasiswa belum memahami konsep secara keseluruhan.

Kata kunci: tingkat pemahaman konsep, miskonsepsi, momentum

1. PENDAHULUAN

Momentum merupakan salah satu konsep fundamental dalam fisika yang dalam pemahamannya sering mengalami kesulitan. Momentum dan impuls biasanya diajarkan setelah hukum Newton. Momentum merupakan kecenderungan benda yang bergerak untuk melanjutkan gerakannya pada kelajuan yang konstan. Perubahan momentum yang dipengaruhi oleh gaya luar yang bekerja selama waktu tertentu disebut dengan impuls. Penelitian mengenai momentum dan impuls sudah banyak dilakukan. Singh dan Rosengrant (2003) mengkaji kesulitan yang dimiliki mahasiswa dalam menafsirkan konsep momentum dan impuls, serta menerapkannya pada berbagai situasi yang berbeda. Penelitian lainnya menunjukkan kemampuan konsep mahasiswa dalam memahami energi kinetik momentum masih sebatas hafalan saja dan tidak dapat menerapkan pada situasi yang berbeda (Lawson &

McDermott, 1987; Pride *et al.*, 1998). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada materi momentum serta faktor yang mempengaruhi pemahaman tersebut.

Pemahaman konsep merupakan kemampuan seseorang atau sekelompok orang untuk mengerti secara benar suatu ide abstrak atau gagasan, tanpa mengubah pengertian konsep tersebut. Pemahaman konsep dapat membantu siswa dalam menjelaskan definisi, prosedur, kesimpulan dengan susunan kalimatnya sendiri berdasarkan sumber yang telah mereka baca maupun dengar serta dapat memberikan contoh lain dari yang telah diberikan guru (Duffin & Simpson, 2000). Siswa yang memiliki pemahaman konsep yang baik diharapkan dapat menyelesaikan setiap masalah dengan benar. Tingkat pemahaman konsep menurut Abraham *et al.* (1994) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Pemahaman Konsep

Tingkat	Deskripsi Pemahaman Konsep	Kriteria Penilaian
0	Tidak paham sama sekali	Mengosongi jawaban, jawaban berupa mengulangi pertanyaan, jawaban yang tidak relevan atau tidak jelas, tidak memberikan penjelasan pada pilihan jawaban
1	Miskonsepsi	Jawaban ilmiah yang salah. Perbedaan konsep yang diyakini benar, namun sebenarnya bertentangan dengan konsep yang dipegang oleh para ilmuwan
2	Paham sebagian sedangkan sebagian lainnya terjadi miskonsepsi	Jawaban yang diberikan menunjukkan pemahaman konsep yang benar, tetapi juga mengandung miskonsepsi.
3	Paham sebagian tanpa terjadi miskonsepsi	Jawaban mengandung bagian dari konsep yang diterima secara ilmiah
4	Paham secara keseluruhan	Jawaban berisi semua pemahaman konsep yang benar

(Sumber: Abraham *et al.*, 1994)

Konsep yang dimiliki mahasiswa dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti lingkungan, sumber belajar, dan pengalaman (Lee & Yi, 2013). Prakonsepsi atau konsep awal yang dimiliki mahasiswa tidaklah sama. Prakonsepsi mahasiswa ada yang sudah sesuai dengan kebenaran ilmiah, namun ada juga yang belum sesuai. Kendala yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep tersebut dapat menimbulkan terjadinya miskonsepsi. Penyebab miskonsepsi sendiri menurut Dermici (2005) dapat dikategorikan menjadi: (1) kemampuan awal. Kemampuan awal membuat siswa sulit untuk menerima materi yang diajarkan. Ilmuwan banyak yang menganggap kesalahpahaman tersebut tidak seharusnya terjadi, namun siswa sering melakukannya karena pengetahuan tersebut dianggapnya sudah benar. Setelah dilakukannya kegiatan pembelajaran, keyakinan ini bisa tetap bertahan sehingga dapat menghalangi proses pembelajaran; (2) keyakinan non-ilmiah atau intuisi, merupakan suatu perasaan dalam diri seseorang yang secara spontan mengungkapkan sikap atau gagasannya tentang sesuatu sebelum diteliti secara objektif dan rasional. Pemikiran atau pengertian intuitif biasanya berasal dari pengamatan akan benda atau kejadian yang terus-menerus; (3) kesalahpahaman konseptual. Kesalahpahaman konseptual muncul saat siswa diajarkan mengenai informasi ilmiah dengan cara yang tidak memancing mereka menemukan

pengetahuannya sendiri melalui proses ilmiah; (4) kesalahpahaman verbal. Kesalahan ini sering muncul dari penggunaan kata-kata yang berarti suatu hal kepada orang awam, namun menjadi sesuatu yang sangat berbeda saat membicarakan tentang sains; (5) kesalahpahaman faktual, adalah kepalsuan fakta yang sering dipelajari pada usia dini dan tetap tidak berubah sampai dewasa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Analisis data meliputi kegiatan mereduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi (Sugiyono, 2010). Subjek penelitian dilakukan pada 33 orang mahasiswa Semester 1 Program Sarjana Pendidikan Fisika Tahun Ajaran 2017/2018 di Universitas Sebelas Maret yang belum menerima mata kuliah Fisika Dasar. Data dikumpulkan dengan menggunakan instrumen tes dan wawancara. Tes yang diujikan kepada mahasiswa berupa pilihan ganda beralasan pada materi momentum yang diadaptasi dari Ricardo (2015) dan Serway (2009).

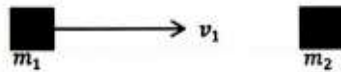
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Hasil studi yang dilakukan diketahui bahwa sebagian besar mahasiswa masih memiliki pemahaman konsep yang rendah bahkan sebagian diantaranya mengalami miskonsepsi pada materi momentum. Mereka menjawab pertanyaan yang diberikan dengan intuisi. Mahasiswa tidak memiliki pemahaman konsep yang benar, meskipun materi impuls dan momentum sudah mereka pelajari saat di Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas XI. Retensi pemahaman konsep mahasiswa juga masih tergolong cukup rendah.

3.1.1. Transfer Energi pada 2 Benda yang Bertumbukan

Jawaban salah satu mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada transfer energi benda yang bertumbukan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1

Terdapat 2 benda dengan massa yang sama saling bertumbukan dengan posisi awal m_2 dalam keadaan diam, seperti tampak pada gambar di atas. Apabila energi kinetik dari benda 1 ditransfer secara maksimum ke benda 2, maka pernyataan di bawah yang benar adalah

- A. m_1 akan berhenti tepat diposisi awal m_2 , dan hanya m_2 yang akan bergerak dengan kecepatan yang besarnya sama dengan kecepatan awal m_1 .
- B. m_1 dan m_2 bergerak saling menjauhi.
- C. m_1 dan m_2 masing-masing bergerak dengan arah gerak yang sama.
- D. m_1 dan m_2 saling menempel dan bergerak bersama-sama.
- E. m_1 akan berhenti tepat di posisi awal m_2 , dan m_2 akan bergerak dengan kecepatan yang lebih rendah daripada kecepatan awal m_1 .

Alasan :

Jika energi kinetik benda 1 ditransfer sepenuhnya ke benda 2 sementara benda 2 memiliki massa yg sama dgn benda 1 maka kecepatan benda 2 akan sama dgn kecepatan benda 1

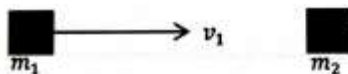
$$E_{k1} = E_{k2}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$v_1^2 = v_2^2 \rightarrow v_1 = v_2$$

(a)



Gambar 1

Terdapat 2 benda dengan massa yang sama saling bertumbukan dengan posisi awal m_2 dalam keadaan diam, seperti tampak pada gambar di atas. Apabila energi kinetik dari benda 1 ditransfer secara maksimum ke benda 2, maka pernyataan di bawah yang benar adalah

- A. m_1 akan berhenti tepat diposisi awal m_2 , dan hanya m_2 yang akan bergerak dengan kecepatan yang besarnya sama dengan kecepatan awal m_1 .
- B. m_1 dan m_2 bergerak saling menjauhi.
- C. m_1 dan m_2 masing-masing bergerak dengan arah gerak yang sama.
- D. m_1 dan m_2 saling menempel dan bergerak bersama-sama.
- E. m_1 akan berhenti tepat di posisi awal m_2 , dan m_2 akan bergerak dengan kecepatan yang lebih rendah daripada kecepatan awal m_1 .

Alasan :

E_k hilang terjadi pada saat tumbukan lentak sempurna

(b)

Gambar 1. Jawaban Miskonsepsi Mahasiswa pada Transfer Energi Benda yang Bertumbukan

Uraian alasan atas dasar *multiple choice* yang sebelumnya telah dipilih oleh mahasiswa dapat digolongkan pada tabel 2.

Tabel 2. Uraian Alasan dari *Multiple Choice* yang telah dipilih

No.	Uraian Alasan
(1)	<p>m_1 diam dan hanya m_2 yang bergerak dengan kecepatan yang besarnya sama dengan kecepatan awal m_1</p> $Ek_1 = Ek_2 \qquad v_1^2 = v_2^2$ $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 \qquad v_1 = v_2$
(2)	Kecepatan m_1 ditransfer ke m_2 saat tumbukan, maka m_1 berhenti di tempat m_2 dan m_2 akan bergerak ke kanan dengan kecepatan lebih kecil dari m_1
(3)	m_1 dan m_2 mengalami tumbukan elastis sempurna. Setelah bertumbukan, masing-masing benda bergerak dengan arah gerak yang sama.
(4)	m_1 dan m_2 mengalami tumbukan elastis sempurna. Setelah bertumbukan, kedua benda akan terpental dan saling bergerak menjauhi.
(5)	Ek pada m_1 hilang, sehingga m_1 menempel pada m_2 dan keduanya bergerak bersama-sama.

Hasil jawaban mahasiswa terhadap tes pilihan ganda beralasan pada transfer energi benda yang saling bertumbukan dapat dilihat pada tabel 3. Jawaban mahasiswa tersebut juga dapat digolongkan ke dalam tingkat pemahaman konsep yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Jawaban Pilihan Ganda Beralasan pada Transfer Energi Benda yang Bertumbukan

Kriteria	Jawaban		Jumlah Mahasiswa	Persentase
	Pilihan Multiple Choice	Uraian Alasan		
Benar	C	(3)	4	12,12%
Salah	A	(1)	15	45,45%
	B	(4)	2	6,06%
	D	(5)	5	15,15%
	E	(2)	7	21,21%
Total			33	100%

Tabel 4. Tingkat Pemahaman Konsep Pada Transfer Energi Benda yang Bertumbukan

Tingkat	Deskripsi Pemahaman Konsep	Jumlah Mahasiswa	Persentase
0	Tidak paham sama sekali	0	0%
1	Miskonsepsi	14	42,42%
2	Paham sebagian sedangkan sebagian lainnya terjadi miskonsepsi	15	45,45%
3	Paham sebagian tanpa terjadi miskonsepsi	0	0%
4	Paham secara keseluruhan (SU)	4	12,12%

3.1.2. Transfer Energi pada Bandul Newton

Jawaban salah satu mahasiswa yang mengalami miskonsepsi pada transfer energi bandul Newton ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 3

Perangkat pada gambar di atas terdiri dari 7 bola keras dan identik yang digantung dengan tali yang sama panjangnya. Manakah dari pernyataan berikut yang benar

1. Bola 1 ditarik, maka bola 6 dan 7 tanpa harus saling direkatkan dapat bergerak dengan kelajuan setengah dari kelajuan awal pada bola 1.
2. Bola 1 ditarik, maka bola 6 dan 7 yang saling direkatkan dapat bergerak dengan kecepatan sebesar $\frac{2}{3}$ dari kecepatan awal pada bola 1.
3. Bola 1 ditarik, maka bola 6 dan 7 yang saling direkatkan dapat bergerak dengan kecepatan yang sama besarnya dengan kecepatan awal pada bola 1.
4. Bola 1 dan 2 ditarik, maka bola 6 dan 7 bergerak.

Pilihlah:

- A. Jika pernyataan 1, 2, dan 3 benar.
- B. Jika pernyataan 1 dan 3 benar.
- C. Jika pernyataan 2 dan 4 benar.
- D. Jika pernyataan 4 saja yang benar.
- E. Jika semua pernyataan benar.

Alasan :

Semua pernyataan benar karena jika bola 1 ditarik lalu dilepas semua pasti akan bergerak yg semakin lama pelan.

Gambar 2. Jawaban Miskonsepsi Mahasiswa pada Transfer Energi Bandul Newton

Uraian alasan atas dasar *multiple choice* yang sebelumnya telah dipilih oleh mahasiswa dapat digolongkan pada tabel 5.

Tabel 5. Uraian Alasan dari *Multiple Choice* yang telah dipilih

No.	Uraian Alasan
(1)	Bola 1 dan 2 ditarik kemudian dilepaskan, maka bola 6 dan 7 bergerak
(2)	Bola 1 ditarik kemudian dilepaskan, maka bola 6 dan 7 yang saling direkatkan dapat bergerak dengan kecepatan sebesar $\frac{2}{3}$ dari kecepatan awal pada bola 1
(3)	Bola 1 ditarik kemudian dilepaskan, maka bola 6 dan 7 tanpa harus saling direkatkan dapat bergerak dengan kelajuan yang besarnya setengah dari kelajuan awal pada bola 1
(4)	Bola 1 ditarik dan dilepaskan, maka semua bola akan bergerak

Hasil jawaban mahasiswa terhadap tes pilihan ganda beralasan pada transfer energi bandul Newton dapat dilihat pada tabel 6. Jawaban mahasiswa tersebut juga dapat digolongkan ke dalam tingkat pemahaman konsep yang ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 6. Jawaban Pilihan Ganda Beralasan pada Transfer Energi Bandul Newton

Kriteria	Jawaban		Jumlah Mahasiswa	Persentase
	Pilihan Multiple Choice	Uraian Alasan		
Benar Keseluruhan	C	(1), (2)	3	9,09%
Benar Sebagian	C	(1)	2	6,06%
		(2)	2	6,06%
Salah	D	(1)	4	12,12%
	A	(4)	8	24,24%
	B	(3)	7	21,21%
		(4)	5	15,15%
	E	(4)	2	6,06%
	Total		33	100%

Tabel 7. Tingkat Pemahaman Konsep pada Transfer Energi Bandul Newton

Tingkat	Deskripsi Pemahaman Konsep	Jumlah Mahasiswa	Persentase
0	Tidak paham sama sekali	2	6,06%
1	Miskonsepsi	22	66,67%
2	Paham sebagian sedangkan sebagian lainnya terjadi miskonsepsi	0	0%
3	Paham sebagian tanpa terjadi miskonsepsi	4	12,12%
4	Paham secara keseluruhan	3	9,09%

3.2. Pembahasan

3.2.1. Transfer Energi pada 2 Benda yang Bertumbukan

Pada tabel 3 diketahui sebagian besar mahasiswa, yaitu 45,45% menganggap apabila energi kinetik benda 1 ditransfer maksimum ke benda 2 yang dalam keadaan diam, maka benda 1 akan berhenti tepat diposisi awal benda 2 dan hanya benda 2 yang akan bergerak. Asumsi mahasiswa tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 1(a). Gambar 1(a) juga memberikan informasi bahwa mahasiswa sudah memahami kekekalan energi kinetik pada tumbukan elastik, meskipun demikian jawaban mereka masih mengandung miskonsepsi. Sebagian mahasiswa lainnya beranggapan energi kinetik yang dimiliki benda 1 akan hilang setelah terjadinya tumbukan, sehingga benda 1 akan menempel dengan benda 2 seperti pada gambar 1(b). Berdasarkan uraian pada tabel 4 dapat disimpulkan bahwa mahasiswa yang memahami konsep secara keseluruhan hanya 4 orang saja, sedangkan 87,87% lainnya masih mengalami miskonsepsi.

Hasil wawancara memberikan informasi bahwa materi momentum telah diajarkan di SMA, meskipun demikian sebagian besar dari mereka tidak dapat memahami konsep dengan benar. Kendala yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep bisa menimbulkan terjadinya miskonsepsi. Miskonsepsi tersebut dikarenakan adanya kesalahpahaman faktual dan intuisi. Kesalahpahaman faktual, adalah kepalsuan fakta yang sering dipelajari pada usia dini dan sulit merubahnya sampai mereka dewasa.

Pada sistem terisolasi jumlah momentum adalah konstan, besarnya momentum akhir sama dengan momentum awal benda sebelum bertumbukan

$$\begin{aligned}
 \mathbf{p}_{1f} + \mathbf{p}_{2f} &= \mathbf{p}_{1i} + \mathbf{p}_{2i} \\
 m_1 \mathbf{v}_{1f} + m_2 \mathbf{v}_{2f} &= m_1 \mathbf{v}_{1i} + m_2 \mathbf{v}_{2i}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Pada tumbukan elastik, energi kinetik awal sama dengan energi kinetik akhir.

$$\begin{aligned}
 E_{k_{final}} &= E_{initial} \\
 \frac{1}{2} m_1 \mathbf{v}_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 \mathbf{v}_{2f}^2 &= \frac{1}{2} m_1 \mathbf{v}_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 \mathbf{v}_{2i}^2
 \end{aligned} \tag{2}$$

Besarnya perbandingan negatif antara perubahan kecepatan benda sebelum dan sesudah tumbukan disebut dengan koefisien elastisitas (restitusi).

$$e = - \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{2i} - v_{1i}} \tag{3}$$

Substitusi persamaan (3) ke persamaan (1)

$$m_1 \mathbf{v}_{1i} + m_2 \mathbf{v}_{2i} = (m_1 + m_2) \mathbf{v}_{1f} - e m_2 (\mathbf{v}_{2i} - \mathbf{v}_{1i}) \tag{4}$$

Pada persamaan (4) jika kecepatan awal benda 2 (v_{2i}) = 0, maka untuk mentransfer energi kinetik maksimum dari benda 1 ke benda 2 tidak menjadikan $v_{1f} = 0$.

$$m_1 \mathbf{v}_{1i} = -e m_2 (\mathbf{v}_{2i} - \mathbf{v}_{1i})$$

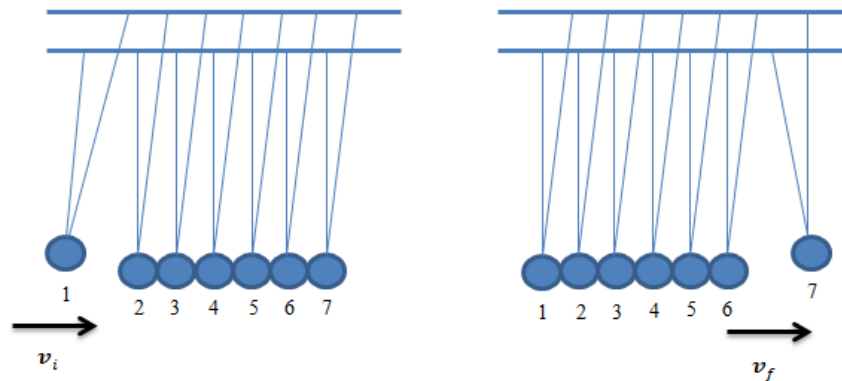
$$m_1 \mathbf{v}_{1i} = -e m_2 (0 - \mathbf{v}_{1i})$$

$$m_1 \mathbf{v}_{1i} = e m_2 \mathbf{v}_{1i}$$

$$m_1 = e m_2$$

Nilai koefisien restitusi bukan $e = \frac{m_1}{m_2}$, tetapi $e = - \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{2i} - v_{1i}}$ sesuai persamaan (3) yang telah dijelaskan sebelumnya. Mentransfer seluruh energi kinetik pada benda 1, tidak berarti memberikan energi kinetik yang besarnya sama pada benda 2. Sebagian energi pasti ada yang hilang, misalnya berubah menjadi panas.

3.2.2. Transfer Energi pada Bandul Newton



Gambar 3. Bandul Newton dengan 7 bola identik

Pada soal yang menanyakan transfer energi bandul Newton diketahui bahwa 66,67% dari total mahasiswa mengalami miskonsepsi seperti yang ditunjukkan tabel 7. Jawaban *multiple choice* yang dipilih mahasiswa bervariasi, namun sebagian besar memiliki uraian alasan yang sama. Sebagian besar mahasiswa, yaitu 45,45% menganggap apabila bandul 1 disimpangkan kemudian dilepaskan maka semua bandul akan bergerak (sesuai tabel 6). Mahasiswa lainnya sejumlah 21,21% menganggap apabila bola 1 dilepaskan, maka bola 6 dan 7 tanpa harus saling direkatkan dapat bergerak dengan kelajuan yang besarnya setengah dari kelajuan awal bola 1. Hasil tersebut menunjukkan mahasiswa belum memiliki pemahaman konsep yang benar secara keseluruhan. Jawaban salah satu mahasiswa yang mengalami miskonsepsi dapat dilihat pada gambar 2. Berdasarkan hasil wawancara sebagian besar mahasiswa belum pernah

melakukan percobaan dengan bandul Newton di SMA dan menerima pembelajaran tersebut berdasarkan teori saja. Mereka biasanya menemukan bandul Newton di toko alat tulis dan mencoba memainkannya.

Momentum dan energi kinetik pada bandul Newton bersifat kekal, karena bandul tersebut terdiri dari bola keras yang identik tanpa adanya gaya gesek. Bandul Newton merupakan salah satu contoh aplikasi tumbukan lenting sempurna. Momentum sistem sebelum tumbukan adalah $m\mathbf{v}_{1i}$, dimana m adalah massa bola 1 dan \mathbf{v}_{1i} adalah kecepatan sebelum tumbukan. Setelah terjadinya tumbukan, apabila mahasiswa mengasumsikan ada 2 bola yang bergerak dengan masing-masing kecepatannya sebesar $\frac{\mathbf{v}_{1i}}{2}$, maka momentum total sistem setelah tumbukan menjadi $m\left(\frac{\mathbf{v}_{1i}}{2}\right) + m\left(\frac{\mathbf{v}_{1i}}{2}\right) = m\mathbf{v}_{1i}$. Momentum total sistem sebelum dan sesudah tumbukan memiliki nilai yang sama atau bersifat kekal. Energi kinetik pada bandul Newton sebelum tumbukan adalah $K_i = \frac{1}{2}m\mathbf{v}_{1i}^2$ dan setelah tumbukan menjadi $K_f = \frac{1}{2}m\left(\frac{\mathbf{v}_{1i}}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{\mathbf{v}_{1i}}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}m\mathbf{v}_{1i}^2$. Energi kinetik sistem tersebut bersifat tidak kekal.

Momentum dan energi kinetik dapat bersifat kekal jika satu bola harus bergerak ketika satu bola dilepaskan, dua bola harus bergerak ketika dua bola dilepaskan, dan seterusnya. Apabila hanya satu bola yang dilepaskan dua bola juga dapat bergerak, namun dengan syarat kedua bola tersebut saling dikaitkan. Pada soal ini apabila bola 1 dilepaskan bola 6, 7 yang saling dikaitkan dapat bergerak bersamaan dan bola 1 akan memantul kembali setelah terjadinya tumbukan.

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_f$$

$$m\mathbf{v}_{1i} = m\mathbf{v}_{1f} + 2m\mathbf{v}_{6,7f} \tag{5}$$

$\mathbf{v}_{6,7f}$ adalah kelajuan akhir gabungan bola 6 dan 7. Prinsip kekekalan energi kinetik diperoleh

$$K_i = K_f$$

$$\frac{1}{2}m\mathbf{v}_{1i}^2 = \frac{1}{2}m\mathbf{v}_{1f}^2 + \frac{1}{2}(2m)\mathbf{v}_{6,7f}^2 \tag{6}$$

Persamaan (5) disubstitusikan ke persamaan (6), maka didapatkan

$$\mathbf{v}_{6,7f} = \frac{2}{3}\mathbf{v}_{1i} \tag{7}$$

Persamaan (7) menjelaskan bahwa bola 6 dan 7 yang saling dikaitkan dapat bergerak dengan kecepatan sebesar $\frac{2}{3}\mathbf{v}_{1i}$.

Apabila bola 1 disimpangkan maka bola 2 sampai bola 6 akan tetap diam, sedangkan yang bergerak adalah bola paling ujung, yaitu bola 7 seperti ditunjukkan gambar 3. Energi kinetik pada bola 1 ditransfer dalam bentuk gelombang yang sesuai dengan persamaan

$$E_k = \frac{1}{2}m\{\omega A \cos(\omega t - kx)\}^2 \tag{8}$$

Pembelajaran fisika sebenarnya tidak harus lagi mengarah kepada pembelajaran yang bersifat instruksional guna menghindari terjadinya kesalahpahaman konsep. Pembelajaran instruksional, merupakan pembelajaran yang hanya dilakukan untuk mencapai tujuan pembelajaran dan biasanya berpusat pada guru. Pembelajaran fisika seharusnya dilakukan dengan cara membimbing siswa untuk menemukan sendiri pengetahuannya (inkuiri) dan mengaitkan antara makna matematis dengan makna fisika itu sendiri. Sehingga pembelajaran fisika diharapkan lebih menekankan pada konsep dasarnya. Wieman dan Perkins (2005) menyatakan bahwa pembelajaran fisika tidak semestinya hanya diajarkan secara teori di kelas,

tetapi harus bersifat kontekstual berupa kegiatan praktikum maupun demonstrasi guna membantu siswa dalam pemahaman konsep yang lebih mendalam.

4. KESIMPULAN

Data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa, yaitu 77,27% rata-rata mengalami miskonsepsi pada transfer energi benda yang saling bertumbukan, meskipun materi momentum telah mereka pelajari saat kelas XI SMA. Miskonsepsi tersebut 87,87% terjadi pada transfer energi dari 2 benda yang saling bertumbukan. Miskonsepsi disebabkan mahasiswa yang mengalami kesalahpahaman faktual dan intuisi. Miskonsepsi juga terjadi pada 66,67% mahasiswa dalam memahami transfer energi bandul Newton. Miskonsepsi dapat terjadi karena mahasiswa belum pernah melakukan percobaan dengan bandul Newton di SMA dan menerima pembelajaran tersebut berdasarkan teori saja.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan untuk penelitian berikutnya, sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi miskonsepsi pada konsep fisika tidak hanya dilakukan dengan instrumen diagnostik *two tier* yang berupa soal pilihan ganda beralasan dan wawancara, tetapi juga dapat menggunakan portofolio maupun soal uraian.
2. Pemahaman konsep dalam ilmu fisika masih banyak yang perlu digali, baik materi maupun subjek yang digunakan untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A Cross Age Study of Understanding of Five Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Singh, C. & Rosengrant D. (2003). Multiple Choice Test of Energy and Momentum Concepts. *American Journal Physics*, 71 (6), 607-617. <https://doi.org/10.1119/1.1571832>
- Dermici, N (2005). A Study about Student's Misconception in Force and Motion Concepts by Incorporating A Web-Assisted Physics Program. *The Turkish Online Journal of Education Technology*, 4 (3), 40-48.
- Duffin, J. M. & Simpson, A. P. (2000). A Search for Understanding. *Journal of Mathematical Behaviour*, 18 (4), 415-427. [https://doi.org/10.1016/s0732-3123\(00\)00028-6](https://doi.org/10.1016/s0732-3123(00)00028-6)
- Lawson, R. A. & McDermott, L. C. (1987). Student Understanding of The Work Energy and Impulse Momentum Theorems. *American Journal Physics*, 55 (9), 811-817. <https://doi.org/10.1119/1.14994>
- Lee, G. & Yi, J. (2013). Where Cognitive Conflict Arises from?: The Structure of Creating Cognitive Conflict. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 601-623. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9356-x>
- Pride, T. O., Vokos, S., & McDermott L. C. 1998. The Challenge of Matching Learning Assessments to Teaching Goals: An Example from The Work Energy and Impulse Momentum Theorems. *American Journal of Physics*, 66 (2), 147-157. <https://doi.org/10.1119/1.18836>
- Ricardo, B. & Lee, P. (2015). Maximizing Kinetic Energy Transfer in One-Dimensional Many-Body Collision. *European Journal of Physics*, 36, 1-12.

<https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/2/025013>

Serway, R., Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Buku 1. Edisi 6. Terjemahan Chriswan Sungkono. Jakarta: Salemba Teknika.

Sugiyono .(2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Wieman, C. & Perkins, K. (2005) Transforming Physics Education. *Physics Today*, 58 (11), 36-41. [https://doi.org/ 10.1063/1.2155756](https://doi.org/10.1063/1.2155756)