

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data

Deskripsi data merupakan penjelasan tentang bagaimana suatu data diperoleh peneliti selama proses penelitian. Deskripsi data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Pra lapangan

Kegiatan pra lapangan dilakukan sebelum penelitian, yaitu dengan menentukan subjek penelitian berupa buku ajar fisika SMA/MA kurikulum 2013 materi momentum dan impuls. Penentuan subjek dilakukan dengan angket *online* guna mengetahui buku ajar fisika yang digunakan di lima SMA dan lima MA di Kabupaten Tulungagung. Buku dengan jumlah terbanyak akan digunakan sebagai subjek penelitian ini.

Hasil data angket ditunjukkan pada *lampiran 2*, dimana buku ajar fisika yang paling banyak digunakan SMA dan MA di Tulungagung adalah Buku Pintar Belajar Fisika untuk SMA/MA Kelas X karangan Asrofi diterbitkan oleh Sagufindo Kinarya tahun 2020 dan Buku Siswa Kajian Konsep Fisika untuk Kelas X SMA dan MA Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam Kurikulum 2013 Edisi Revisi karangan Muh. Farchani Rosyid diterbitkan oleh Tiga Serangkai tahun 2016. Kemudian diambil satu buku sebagai pembanding, yaitu buku Belajar Praktis Fisika Mata Pelajaran Peminatan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMA/MA Kelas

X Semester 2 karangan Bayu Kurniawan diterbitkan oleh Viva Pakarindo tahun 2020.

2. Kegiatan lapangan

Kegiatan lapangan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Kegiatan wawancara

Wawancara dilakukan di tiga sekolah, yaitu SMAN 1 Rejotangan dengan buku Tiga Serangkai, SMAN 1 Ngunut dengan buku Sagufindo Kinarya, dan SMA Islam Sunan Gunung Jati Ngunut dengan buku Viva Pakarindo. Wawancara dilakukan di awal penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengalaman guru selama menggunakan buku ajar fisika. Beberapa ide pokok yang ditanyakan peneliti adalah pengalaman guru selama menggunakan buku ajar fisika yang berkaitan dengan kesalahan konten dan antisipasi guru dalam mengatasi kesalahan konten pada buku ajar fisika. Berikut hasil wawancara peneliti bersama guru fisika ditiga sekolah:

1) SMAN 1 Rejotangan

Guru fisika di SMAN 1 Rejotangan menjelaskan bahwa guru belum pernah menganalisis buku ajar, khususnya analisis kesalahan konten. Hal ini disebabkan karena buku yang digunakan guru dalam menyiapkan materi sangat beragam sehingga waktu yang diperlukan juga tidak mencukupi. Guru lebih memfokuskan pada bagaimana materi bisa tersampaikan dengan baik kepada siswa, hal ini juga salah satu cara yang guru gunakan untuk mengantisipasi dampak negatif dari

kesalahan konten buku terhadap siswa. Sehingga pada buku Tiga Serangkai guru menyatakan belum pernah mendapati kesalahan konten di dalamnya.

2) SMAN 1 Ngunut

Guru di SMAN 1 Ngunut menjelaskan bahwa belum pernah menemukan kesalahan konten pada buku penerbit Sagufindo Kinarya. Hal ini dikarenakan guru belum pernah menganalisis isi buku Sagufindo secara khusus. Namun guru juga menegaskan bahwa pada beberapa buku fisika yang pernah digunakan untuk menyiapkan materi, didapati kesalahan konten pada penulisannya. Sehingga salah satu cara yang guru gunakan untuk mengantisipasi dampak kesalahan konten terhadap siswa adalah dengan memfokuskan pada isi materi yang akan disampaikan kepada siswa.

3) SMA Islam Sunan Gunung Jati

Guru di SMA Islam Sunan Gunung Jati menjelaskan bahwa belum pernah menganalisis isi buku secara khusus. Meskipun begitu, dalam mempersiapkan materi guru pernah menemukan kesalahan konten pada buku penerbit Viva Pakarindo. Sehingga salah satu cara guru untuk mengantisipasi hal tersebut adalah dengan memberitahukan letak kesalahan dan pembenarannya kepada siswa dan juga guru mempersiapkan bahan ajar dari sumber lain untuk mendukung pemahaman siswa.

Hasil wawancara dari ketiga guru fisika di atas dapat disimpulkan, bahwa:

- a) Guru belum pernah menganalisis isi buku, khususnya kesalahan konten pada buku ajar. Hal ini disebabkan penggunaan buku sudah ditetapkan oleh pihak sekolah. Sehingga tugas guru adalah menyesuaikan buku dengan materi yang akan disampaikan guru kepada siswa.
- b) Guru menggunakan banyak sumber belajar, seperti buku fisika dari penerbit lain dan youtube. Tujuannya adalah untuk menyiapkan bahan materi yang baik, yang dapat mempermudah siswa dalam belajar.
- c) Guru mengetahui bahwa kesalahan konten pada buku ajar fisika sangat mungkin terjadi. Mengingat penerbitan buku melalui beberapa tim seperti editor buku yang mungkin bukan dari ahli fisika. Sehingga hal yang dapat dilakukan guru adalah dengan mengantisipasi, yaitu dengan menyiapkan bahan materi dengan sebaik mungkin dan menjelaskan letak kesalahan sekaligus pembenarannya secara langsung kepada siswa.

b. Kegiatan analisis buku

Analisis buku dilakukan secara bertahap. Waktu analisis setiap buku juga berbeda, hal ini disebabkan isi buku yang memiliki tingkat analisis yang berbeda-beda. Namun peneliti melakukan analisis sebanyak kurang lebih lima kali pada setiap bukunya, hal ini bertujuan agar hasil analisis yang dilakukan oleh peneliti lebih akurat.

Hasil analisis kesalahan konten pada buku ajar dibagi menjadi lima bagian, yaitu kesalahan penjelasan konsep, kesalahan penulisan rumus, kesalahan penulisan satuan, kesalahan penulisan simbol, dan kesalahan penyajian gambar. Setiap aspek kesalahan tersebut dianalisis berdasarkan penemuan kesalahan konsep dan analisis tambahan. Penemuan kesalahan konsep dilakukan pada konsep fisika yang tidak sesuai dengan konsep pada buku universitas. Sedangkan analisis tambahan digunakan untuk memaparkan kesalahan buku yang tidak termuat dalam indikator kesalahan konten.

3. Penyajian data penelitian

Data penelitian diperoleh dari analisis buku yang disajikan secara deskriptif. Setiap aspek kesalahan konten buku ajar dianalisis berdasarkan indikator yang terdapat pada pedoman dokumentasi. Berikut hasil analisis kesalahan konten pada buku A, buku B dan buku E:

a. Buku A

Buku A adalah buku yang diterbitkan oleh Sagufindo Kinarya, yang ditulis oleh Asrofi, dkk yang berjudul Buku Pintar Belajar Fisika untuk SMA/MA Kelas X, diterbitkan tahun 2020 oleh tim MGMP Fisika.

1) Analisis kesalahan konsep

a) Kesalahan konsep 1 (halaman 140)

Penulis menuliskan persamaan momentum seperti gambar berikut:

Momentum didefinisikan sebagai hasil kali massa dan kecepatan. Momentum termasuk *besaran vektor* dinyatakan oleh persamaan:

$$\boxed{P = m v} \quad \dots 4.1$$

dengan P adalah vektor momentum (kg m/s),
 m = massa, satuannya kg
 v = kecepatan, satuannya ms⁻¹

Gambar 4.1 Persamaan Momentum

Kesalahan konsep terjadi pada:

1. Penulisan simbol

Penulisan simbol dengan huruf kecil maupun kapital sangat berpengaruh dalam fisika, contohnya huruf *t*. Huruf *t* kecil menyimbolkan waktu sedangkan *T* kapital menyimbolkan periode. Begitu juga dengan momentum yang disimbolkan dengan huruf *p* kecil bukan huruf *P* kapital. David mencontohkan penggunaan simbol *p* kecil untuk momentum dan *P* kapital menunjukkan momentum total, seperti gambar berikut:

$$\vec{p} = m\vec{v} \text{ (momentum linear dari sebuah partikel)} \quad (9-22)$$

di mana *m* adalah massa partikel dan \vec{v} adalah kecepatannya. (Kata sifat *linear*)

(a)

jumlah vektor momentum linear partikel individu. Dengan demikian,

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n$$

$$= m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots + m_n\vec{v}_n \quad (9-24)$$

(b)

Gambar 4.2 Persamaan a) Momentum b) Momentum Total Partikel⁴⁸

⁴⁸ David Halliday, dkk., *Fisika Dasar...* hal. 228-229

2. Penulisan vektor

Suatu simbol dengan tanda panah di atasnya selalu menyatakan vektor, yang mempunyai magnitudo dan arah.⁴⁹ Selain itu vektor juga bisa dituliskan dengan huruf miring saja, apabila hanya ingin mengetahui besarnya. Momentum merupakan contoh dari vektor, sehingga penulisan persamaannya harus mengikuti aturan vektor. Sedangkan pada Gambar 4.1 sama sekali belum menerapkan aturan penulisan vektor.

Maka dapat disimpulkan bahwa Gambar 4.1 mengalami kesalahan konsep pada penulisan simbol, baik simbol momentum dan simbol vektornya. Kesalahan konten ini terjadi pada setiap subbab yang mengandung konsep momentum. Oleh sebab itu, agar Gambar 4.1 benar perlu diperbaiki dalam penulisan persamaannya, yaitu menjadi:

$$p = mv \quad \text{atau} \quad \vec{p} = m\vec{v}$$

b) Kesalahan konsep 2 (halaman 140-141)

Penulis menuliskan persamaan momentum dengan perkalian silang (Gambar 4.3a) dan perkalian titik (Gambar 4.3b). Perkalian silang dan titik merupakan perkalian antar vektor. Perbedaan keduanya adalah pada hasil perkaliannya. Perkalian antar vektor akan menghasilkan vektor baru dengan perkalian silang (\times), sedangkan perkalian antar vektor akan menghasilkan skalar dengan perkalian titik (\cdot).

⁴⁹ *Ibid*, hal. 43

$\begin{aligned} \text{a. } P &= m \times v \\ &= 500 \text{ kg} \times 20 \text{ ms}^{-1} \\ P &= 10.000 \text{ kg ms}^{-1} \end{aligned}$ <p>(a)</p>	$\begin{aligned} \text{a. } p_A &= m_A \cdot v_A \\ &= 1000 \text{ kg} \cdot 2 \text{ ms}^{-1} \\ &= 2000 \text{ kg ms}^{-1} \end{aligned}$ <p>(b)</p>
--	--

Gambar 4.3 Jawaban Soal a) Halaman 140, b) Halaman 141

Momentum merupakan hasil dari perkalian massa (skalar) dan kecepatan (vektor). Hal ini menyebabkan momentum tidak bisa menggunakan perkalian silang maupun titik. Seperti dijabarkan oleh David, bahwa momentum linear partikel adalah besaran vektor p yang didefinisikan sebagai $\vec{p} = m\vec{v}$ (momentum linear dari sebuah partikel).⁵⁰

Selain pada pengalinya, persamaan pada Gambar 4.3 juga mengalami kesalahan konsep pada penulisan simbol vektornya. Penulisan vektor dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu menggunakan panah diatas huruf miring dan jika ingin menampilkan hanya besar vektor saja (suatu kuantitas tanpa tanda dan arah) dapat menggunakan huruf miring saja.⁵¹ Meskipun begitu, penulisan simbol pada buku haruslah sama agar pembaca dapat memahami isi buku dengan baik.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa contoh soal pada Gambar 4.3 mengandung kesalahan konsep pada penulisan rumus perkalian dan simbol vektornya. Agar contoh soal dikatakan benar, maka perlu perbaikan dengan menghilangkan notasi

⁵⁰ *Ibid.*, hal. 228

⁵¹ *Ibid.*, hal. 43

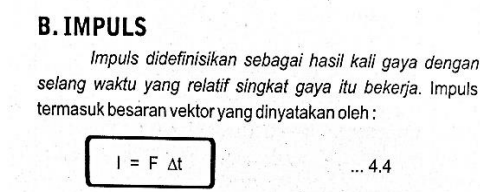
perkalian silang (\times) dan titik (\cdot) pada penulisan persamaannya menjadi:

Gambar 4. 3 a) $\vec{p} = m\vec{v}$ atau $p = mv$

Gambar 4. 3 b) $\vec{p}_A = m_A\vec{v}_A$ atau $p_A = m_A v_A$

c) Kesalahan konsep 3 (halaman 142)

Impuls adalah besaran vektor karena impuls merupakan hasil dari perkalian gaya (vektor) dan selang waktu sentuhnya (skalar). Sama halnya pada kesalahan konsep 1 di atas, penulisan persamaan vektor harus mengikuti aturannya yaitu dengan huruf miring dan anak panah di atas simbolnya.



Gambar 4.4 Persamaan Impuls

Sedangkan pada Gambar 4.4 penulisan persamaan impuls belum menerapkan penulisan vektor dengan benar. Mikhrajuddin mendefinisikan impuls dengan $\vec{I} = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \vec{F} dt$.⁵² Jika diintegrasikan menjadi $\vec{I} = \vec{F} \Delta t$. Maka dapat disimpulkan pada Gambar 4.4 mengalami kesalahan konsep pada penulisan simbol vektornya. Kesalahan konsep ini juga terjadi pada setiap subbab yang mengandung besaran impuls. Sehingga agar persamaan pada gambar tersebut benar,

⁵² Mikrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1*...hal. 463

perlu diperbaiki dengan menggunakan panah diatas huruf miring dan jika ingin menampilkan hanya besar vektor saja (suatu kuantitas tanpa tanda dan arah) dapat menggunakan huruf miring saja.⁵³ Yaitu menjadi:

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t \quad \text{atau} \quad I = F \Delta t$$

d) Kesalahan konsep 4 (halaman 144)

Penulis menjelaskan hukum kekekalan momentum seperti gambar berikut:

C. HUKUM KEKALAN MOMENTUM

Menurut hukum kekekalan momentum, apabila pada sistem tidak ada gaya luar yang bekerja, momentum sistem sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama. Jadi, hukum kekekalan momentum akan berlaku pada setiap tumbukan dua atau lebih jika tidak ada gaya luar.

Gambar 4.5 Hukum Kekekalan Momentum

Penjelasan bergaris bawah merah pada gambar di atas dapat dituliskan menjadi momentum benda 1 (\vec{p}_1) dan momentum benda 2 (\vec{p}_2), sehingga persamaannya menjadi $\vec{p}_1 = \vec{p}_1'$ dan $\vec{p}_2 = \vec{p}_2'$. Penjelasan tersebut belum mendefinisikan hukum kekekalan momentum dengan benar. David menjelaskan bahwa: $\vec{P} = \text{konstan}$, jika tidak ada gaya eksternal total yang bekerja pada sistem partikel, maka momentum linear total P dari sistem tidak bisa berubah.⁵⁴ Dan Mikhrajuddin menjelaskan, $\vec{P}_{tot} = \vec{P}'_{tot}$ (tanda petik menyatakan keadaan akhir dan tanpa petik menyatakan keadaan awal).⁵⁵

⁵³ David Halliday, dkk., *Fisika Dasar...*, hal. 43

⁵⁴ *Ibid.*, hal. 233

⁵⁵ Mikhrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1...*, hal. 442

Perbedaan antara penjelasan di buku SMA/MA dan ahli fisika terletak pada kata “total” yang menunjukkan adanya penjumlahan antar momentum dan menghasilkan momentum totalnya. Karena perbedaan ini maka disimpulkan bahwa Gambar 4.5 mengalami kesalahan konsep pada penjelasan konsep hukum kekekalan momentum. Supaya konsep pada Gambar 4.5 benar, maka perlu diperbaiki dengan membubuhkan kata total, menjadi:

momentum total sistem sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama

2) Analisis tambahan

a) Tambahan 1 (halaman 142)

Perhatikan contoh penerapan impuls berikut:

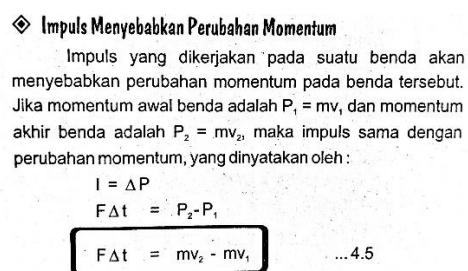


Gambar 4.6 Contoh Penerapan Impuls

Kurikulum 2013 pada ranah kognitif dibagi menjadi enam kompetensi dasar yaitu mengetahui, memahami, mengaplikasikan, menganalisis, mengevaluasi, dan membuat. Maka dengan contoh Gambar 4.6, ranah kognitif yang siswa dapatkan hanya mengetahui contoh impuls saja. Hal ini tentu kurang mendukung pemahaman siswa di tingkat SMA.

b) Tambahan 2 (halaman 142)

Momentum dan impuls adalah dua besaran yang saling berkaitan. Hal ini disebabkan adanya hukum kedua Newton ($\vec{F}_{net} = m\vec{a}$). Sehingga untuk menjelaskan keterkaitan tersebut hukum kedua Newton juga perlu dijelaskan. Namun pada Gambar 4.9, hukum kedua Newton tidak dijelaskan,



Gambar 4.9 Hubungan Impuls dengan Perubahan Momentum

Maka untuk melengkapi penjelasan konsep pada buku, penulis perlu menambahkan penjelasan hukum kedua Newton, yaitu:⁵⁷

Bola mengalami gaya $\vec{F}(t) dt$ yang bervariasi selama tumbukan dan mengubah momentum linear \vec{p} bola. Perubahan itu berkaitan dengan hukum kedua Newton yang ditulis dalam bentuk $\vec{F} = d\vec{p}/dt$

$$d\vec{p} = \vec{F}(t) dt$$

c) Tambahan 3

Praktikum merupakan salah satu bentuk penilaian psikomotorik yang harus didapatkan siswa selama proses pembelajaran. Hal ini disebutkan dalam Kompetensi Dasar materi momentum impuls, yaitu:

⁵⁷ *Ibid.*, hal. 230

“4.10 Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana”.⁵⁸

Maka keberadaan praktikum sangatlah penting. Sehingga pada buku A penulis perlu menambahkan uji praktikum yang sesuai dengan konsep agar siswa mendapatkan pengalaman selama proses pembelajaran. Selain penulis, guru juga harus menyiapkan lembar praktikum guna mengantisipasi tidak tersedianya praktikum pada buku.

d) Tambahan 4 (halaman 152)

Perhatikan persamaan pada gambar berikut:

2. Balok ditembak peluru sehingga balok bergeser sejauh S pada bidang datar dan kasar, maka kecepatan pelurunya :

$$v_p = \frac{m_p + m_b}{m_p} \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s} \quad \dots 4.10$$

Gambar 4.10 Pengaruh Gesekan pada Kecepatan

Gambar di atas adalah persamaan kecepatan peluru yang menyebabkan pergesekan antara balok dan lantai yang dijelaskan secara singkat. Materi pergesekan ini merupakan materi tambahan, karena tidak termuat pada kompetensi dasar materi momentum dan impuls. Meskipun materi tambahan, penjelasan konsep gesekan pada kecepatan benda harus dijabarkan secara terperinci, dengan cara:

⁵⁸ Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Ayo Guru Berbagi, *Silabus Terbaru Revisi 2020 Kelas 10*, dalam <https://ayoguruberbagi.kemendikbud.go.id>, diakses 20 Oktober 2021

1. Mendefinisikan setiap besaran

\vec{v}_p (kecepatan peluru), m_p, m_b (massa peluru, massa balok),
 μ (koefisien gesekan), g (percepatan gravitasi), dan s (jarak)

2. Menjabarkan rumus

a. Persamaan gerak

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_0^2 + 2\vec{a}s \dots \dots \dots \text{Pers.1}$$

b. Gaya Newton dan gaya gesek

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{f} = \mu \vec{F}_N \quad (f = \text{gaya gesek}, \vec{F}_N = \text{gaya normal} = mg)$$

Untuk mendapatkan persamaan \vec{a} , maka

$$\vec{F} = -\vec{f}$$

$$m\vec{a} = -(\mu \vec{F}_N)$$

$$m\vec{a} = -(\mu mg), \text{ yang menjadi } \vec{a} = -(\mu g) \dots \dots \text{Pers. 2}$$

c. Masukkan pers. 2 ke pers. 1

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_0^2 + 2(-\mu g)s = \vec{v}_0^2 - 2\mu g s$$

$$\vec{v} = 0 \text{ sehingga } \vec{v}_0^2 = 2\mu g s \text{ atau}$$

$$\vec{v}_0 = \sqrt{2\mu g s} \dots \dots \dots \text{Pers. 3 (adalah persamaan ketika peluru bergerak bersama balok setelah tumbukan = } \vec{v}')$$

d. Hukum kekekalan momentum (tidak lenting sama sekali dan

target yang diam, ($\vec{v}'_1 = \vec{v}'_2 = \vec{v}'$, dan $\vec{v}_2 = 0$)

$$m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \vec{v}' \quad (\text{masukkan pers. 3})$$

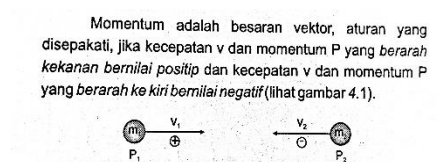
$$m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \sqrt{2\mu g s}$$

Sehingga persamaan akhir akan sama seperti pada gambar:

$$\vec{v}_1 = \frac{(m_1+m_2)}{m_1} \sqrt{2 \mu g s}$$

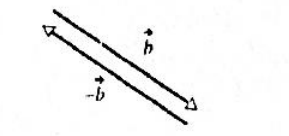
e) **Tambahan 5** (halaman 140)

Penggunaan tanda positif dan negatif biasa digunakan sebagai simbol penjelas arah pada besaran vektor. Perhatikan gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Vektor Momentum

Sedangkan pada buku universitas dijelaskan bahwa:

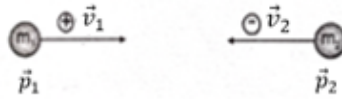


Gambar 4.12 Arah Vektor

Vektor $-\vec{b}$ adalah vektor yang mempunyai magnitudo yang sama dengan \vec{b} , tetapi arahnya berlawanan. Penambahan dua vektor dalam Gambar 3-5 akan menghasilkan $\vec{b} + (-\vec{b}) = 0$.⁵⁹

Berdasar penjelasan di atas fungsi simbol (+) dan (-) sangatlah penting dalam besaran vektor. Maka akan lebih baik simbol (+) dan (-) diletakkan di sebelah besaran vektor secara langsung seperti Gambar 4.12. Sehingga Gambar 4.11 dapat dibenahi menjadi:

⁵⁹ David Halliday, dkk., *Fisika Dasar...*, hal. 44



Gambar 4.13 Perbaikan Vektor Momentum Gambar 4.11

f) **Tambahan 6** (halaman 141)

Contoh soal mengalami salah pengetikan seperti yang ditunjukkan oleh garis bawah merah pada gambar berikut:

Contoh Soal 4.4

Soal Tipe HOTS
Bola bermassa 50 g jatuh dari ketinggian 5 m. Setelah menumbuk tanah, bola terpantul kembali setinggi 2,5 m. Tentukan momentum bola sebelum dan setelah menumbuk tanah! ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Penyelesaian :
Diketahui: $m = 50 \text{ g} = 5 \times 10^{-2} \text{ kg}$
 $h_1 = 5 \text{ m}$
 $h_2 = 2,5 \text{ m}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
Ditanyakan: P_1 dan P_2
Jawab :
Untuk menghitung kecepatan bola sebelum dan sesudah menumbuk tanah digunakan hukum Kekekalan Energi
 $E_p = E_k$
 $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$
 $v_1 = \sqrt{2gh_1}$
 $= \sqrt{2(10)5}$
 $= 10 \text{ m/s (arah ke bawah)}$
 $v_2 = \sqrt{2gh_2}$
 $= \sqrt{2(10)2,5} \text{ m/s}$ **1**
 $= 10 \text{ m/s (arah ke atas)}$
 $p_1 = mv_1$
 $= (5 \times 10^{-2})(-10)$
 $= 0,5 \text{ kg m/s (sebelum menumbuk tanah)}$ **2**
 $p_2 = mv_2 = (5 \times 10^{-2})(5)$
 $= 0,25 \text{ kg m/s (setelah menumbuk tanah)}$ **3**

Jadi, momentum bola sebelum menumbuk tanah sebesar 0,5 kg m/s dan setelah menumbuk tanah sebesar 0,25 kg m/s

Gambar 4.14 Contoh Soal

Pengerjaan contoh soal di atas sudah runtut, namun pada kesalahan 1, 2 dan 3 (yang bergaris bawah merah) terjadi salah dalam perhitungan rumusnya.

a. Kesalahan 1

Kesalahan terletak pada hasil akhir perhitungan, dimana harusnya hasil akhir bukan lah 10 m/s, tapi:

$$\vec{v}_2 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2(10)2,5} = 7,07 \text{ m/s}$$

b. Kesalahan 2

Kesalahan terletak pada hasil perhitungan, dimana nilai \vec{v}_1 adalah -10 yang menandakan arah gerak ke bawah, sehingga hasil akhirnya haruslah bernilai negatif juga, menjadi:

$$\vec{p}_1 = m\vec{v}_1 = (5 \times 10^{-2})(-10) = -0,5 \text{ kg m/s (ke bawah)}$$

c. Kesalahan 3

Kesalahan terletak saat memasukkan nilai \vec{v}_2 dengan nilai yang salah, maka hasil akhir perhitungan adalah:

$$\vec{p}_2 = m\vec{v}_2 = (5 \times 10^{-2})(7,07) = 0,35 \text{ kg m/s (ke atas)}$$

Penggunaan simbol positif (+) dan negatif (-) berfungsi sebagai petunjuk arah gerak benda yang berlawanan, maka guru perlu mewaspadaai penggunaan simbol tersebut terhadap pemahaman siswa.

g) **Tambahan 7** (halaman 154)

Perhatikan gambar persamaan berikut, dimana diketahui persamaan (i), (ii), (iii):

$$\text{i. } m_1(v_1 - v_1') = -m_2(v_2 - v_2')$$

$$\text{ii. } m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = -m_2(v_2 - v_2')(v_2 + v_2')$$

$$\text{iii. } -m_2(v_2^2 - v_2'^2) < m_1(v_1^2 - v_1'^2)$$

$$-m_2(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') < m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1')$$

Dengan demikian, E_k sesudah tumbukan $< E_k$ sebelum tumbukan atau
 $-m_2(v_2^2 - v_2'^2) < m_1(v_1^2 - v_1'^2)$... (iii)

Dengan cara membagi persamaan (iii) dengan persamaan (ii) maka didapat:

$$\boxed{-(v_1' - v_2') < (v_1 - v_2)} \quad \dots 4.11$$

Gambar 4.15 Persamaan Tumbukan Lenting Sebagian

Buktikan persamaan (iii) dengan (ii), untuk mendapatkan $-(v_1' - v_2') < (v_2 - v_1)$

$$\frac{-m_2(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') < m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1')}{-m_2(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') = m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1')}$$

Maka hasil rumusnya akan saling menghilangkan atau sama dengan 0.

Namun apabila persamaan (iii) dibagi dengan persamaan (i):

$$\frac{-m_2(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') < m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1')}{-m_2(v_2 - v_2') = m_1(v_1 - v_1')}$$

$$(v_2 + v_2') < (v_1 + v_1')$$

$$(-v_1' + v_2') < (v_1 - v_2)$$

$$-(v_1' - v_2') < (v_1 - v_2)$$

Didapatkan bahwa untuk menghasilkan persamaan 4.11 (pada gambar) maka persamaan (iii) dibagi dengan persamaan (i) bukan persamaan (ii).

b. Buku B

Buku B adalah buku yang diterbitkan oleh Viva Pakarindo yang ditulis oleh Bening Sarwini dan kawan-kawan yang berjudul Belajar Praktis Fisika Mata Pelajaran Peminatan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMA/MA Kelas X Semester 2 yang diterbitkan pada tahun 2020 di Klaten.

1) Analisis kesalahan konsep

a) Kesalahan konsep 1 (halaman 52)

Impuls dan momentum merupakan besaran vektor, maka dalam penulisannya menggunakan panah di atas huruf miring dan jika ingin menampilkan hanya besar vektor saja (suatu kuantitas tanpa tanda dan arah) dapat menggunakan huruf miring saja.⁶⁰ Sedangkan besaran skalar dituliskan dengan huruf biasa. Contoh besaran vektor adalah kecepatan (\vec{v}) dan contoh besaran skalar adalah waktu (t).

<p>①. <u>Impuls</u> Impuls benda didefinisikan sebagai perubahan momentum benda. Impuls termasuk besaran vektor yang arahnya sama dengan arah perubahan momentum. $I = F \Delta t$</p>	<p>②. <u>Momentum</u> Momentum adalah besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gerak benda. Karena besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gerak benda, momentum dapat ditulis sebagai: $p = m v$</p>
(a)	(b)

Gambar 4.16 Persamaan a) Impuls b) Momentum

Perhatikan Gambar 4.16, dimana persamaan momentum dan impuls menggunakan huruf miring saja tanpa tanda panah di atas besaran vektornya. Hal ini diperbolehkan untuk besaran vektor, namun bukan untuk besaran skalar (Δt dan m) pada

⁶⁰ *Ibid.*, hal. 43

gambar juga menggunakan huruf miring. Sehingga antara besaran vektor dan besaran skalar tidak bisa dibedakan.

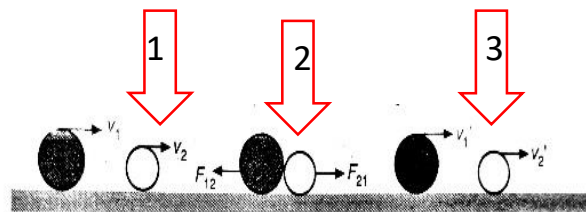
Berdasarkan penjelasan di atas, maka disimpulkan pada Gambar 4.16 mengandung kesalahan konsep pada penulisan simbol besaran skalarnya. Peneliti menemukan kesalahan konsep ini berulang pada setiap subbabnya. Agar persamaan dapat dikatakan benar, maka perlu diperbaiki menjadi:

a. Persamaan impuls: $\vec{I} = \vec{F}\Delta t$ atau $I = F\Delta t$

b. Persamaan momentum: $\vec{p} = m\vec{v}$ atau $p = mv$

b) Kesalahan konsep 2 (halaman 55)

Perhatikan gambar berikut, terdapat bola besar dan bola kecil dengan massa m_1 dan m_2 :



Jika dua buah benda A dan benda B dengan massa m_1 dan m_2 serta kecepatannya masing-masing v_1 dan v_2 saling bertumbukan, bunyi hukum kekekalan momentum adalah sebagai berikut.

Gambar 4.17 Tumbukan pada Dua Benda

Selain gaya, kecepatan benda juga berpengaruh pada arah gerak benda. Perhatikan gambar yang ditunjukkan panah nomor 1 dan 3, nomor 1 menjelaskan benda sebelum tumbukan (v) sedangkan nomor 3 menjelaskan benda setelah tumbukan (v'). Kedua gambar tersebut menunjukkan arah bola yang sama yaitu ke kanan. Hal ini tidak sesuai dengan hukum ketiga Newton dimana ketika dua benda berinteraksi,

gaya pada kedua benda yang berasal dari satu sama lain selalu sama magnitudonya dan berlawanan arah, yang dirumuskan $F_{BC} = -F_{CB}$.⁶¹ Maka simpulkan bahwa Gambar 4.17 mengandung kesalahan konsep pada penyajian gambar pada petunjuk arah kecepatan benda.

Agar gambar sesuai dengan hukum kekekalan momentum, maka perlu diperbaiki dengan:

1. Mengubah arah panah v_2 dan v_1' ke kiri
2. Memisahkan setiap tumbukan dan menambahkan keterangan gerak sebelum, pada saat dan sesudah tumbukan

Sehingga gambar menjadi:



Sebelum tumbukan Saat tumbukan Sesudah tumbukan

Gambar 4.18 Perbaikan Tumbukan Dua Benda Gambar 4.17

c) Kesalahan konsep 3 (halaman 56)

Perhatikan penjelasan pada gambar berikut ini:

- (1.) **Tumbukan Lenting Sempurna** ($e = 1$)
 Tumbukan lenting sempurna (elastis) terjadi di antara atom-atom, inti atom, dan partikel-partikel lain yang seukuran dengan atom atau lebih kecil lagi. Dua buah benda dikatakan mengalami tumbukan lenting sempurna jika pada tumbukan tersebut tidak terjadi kehilangan energi kinetik. Pada tumbukan lenting sempurna berlaku hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik. Tumbukan lenting sempurna hanya terjadi pada benda yang bergerak saja.

Gambar 4.19 Penjelasan Tumbukan Lenting Sempurna

Tumbukan lenting sempurna atau elastis memiliki momentum total dan energi kinetik total yang kekal selama tidak ada gaya luar yang bekerja atau terisolasi. Contoh tumbukan yang mendekati lenting

⁶¹ *Ibid*, hal. 109

sempurna adalah tumbukan antar dua bola biliar.⁶² Permainan biliar dilakukan dengan menyodokkan tongkat pada bola satu agar mengenai bola dua yang diam, sehingga bola dua akan masuk pada lubang di sisi meja. Hal ini menjelaskan bahwa tumbukan lenting sempurna tidak hanya terjadi pada dua benda yang selalu bergerak, tetapi juga dapat terjadi pada benda yang targetnya diam.

Gambar 4.19 menjelaskan bahwa tumbukan lenting sempurna hanya terjadi pada benda yang bergerak saja, hal ini tidak sesuai dengan penjelasan di atas dimana tumbukan lenting sempurna dapat terjadi meskipun target diam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Gambar 4.19 mengandung kesalahan konsep pada penjelasan konsepnya. Maka pada penjelasan pada gambar perlu diperbaiki menjadi:

Tumbukan lenting sempurna dapat terjadi pada benda yang saling bergerak (seperti tumbukan partikel subatomik) dan pada benda bergerak dengan target yang diam (seperti bola biliar).

d) Kesalahan konsep 4 (halaman 55)

Kecepatan dan kelajuan adalah dua besaran yang berbeda. Kecepatan adalah besaran vektor, sedangkan kelajuan adalah besaran skalar. Sehingga arah gerak benda akan berlaku pada kecepatan dan tidak pada kelajuan. Dua besaran ini biasanya diartikan sama karena laju adalah magnitudo kecepatan.⁶³ Meskipun begitu, kesalahan

⁶² Mikrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1 ...*, hal. 455

⁶³ David Halliday, dkk., *Fisika Dasar...*, hal. 19

tersebut tidak boleh dibiarkan karena akan mempengaruhi pengetahuan siswa.

Keterangan:

m_1 dan m_2 = massa benda 1 dan 2 (kg)

v_1 dan v_2 = kelajuan benda 1 dan 2 sebelum tumbukan (m/s)

v_1' dan v_2' = kelajuan benda 1 dan 2 sesudah tumbukan (m/s)

Gambar 4.20 Penjelas Besaran Hukum Kekekalan Momentum

Momentum didefinisikan sebagai $\vec{p} = m\vec{v}$ (momentum linear sebuah partikel), dimana m adalah massa partikel dan \vec{v} adalah kecepatannya.⁶⁴ Sedangkan Gambar 4.20 mendefinisikan besaran \vec{v} sebagai kelajuan bukan kecepatan. Ketidaksesuaian tersebut merupakan bentuk kesalahan konsep pada pendefinisian besaran kecepatan. Sehingga pendefinisian tersebut harus diubah, baik pada penjelasan konsep maupun pada soal. Perubahan dilakukan pada besaran \vec{v} sebagai besaran kecepatan bukan kelajuan, menjadi:

v_1 dan v_2 = kecepatan benda 1 dan 2 sebelum tumbukan (m/s)

v_1' dan v_2' = kecepatan benda 1 dan 2 sesudah tumbukan (m/s)

2) Analisis tambahan

a) Tambahan 1 (halaman 53)

Hubungan impuls dan momentum dijelaskan karena adanya hukum kedua Newton. Perhatikan gambar berikut:

⁶⁴ *Ibid.*, hal. 228

3. Hubungan antara Impuls dan Momentum

Impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami oleh benda, yaitu momentum akhir dikurangi dengan momentum awal.

$$I = p_2 - p_1$$

$$I = m v_2 - m v_1$$

$$I = m(v_2 - v_1)$$

$$I = \Delta p \Leftrightarrow F \Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Keterangan:

F = gaya (N)

Δp = perubahan momentum (kg m/s)

Δt = selang waktu (s)

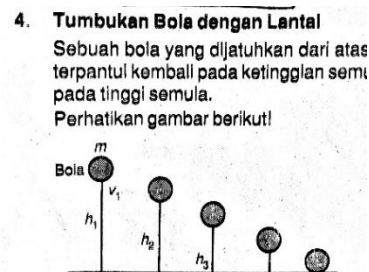
Persamaan di atas menyatakan bahwa impuls merupakan perubahan momentum. Satuan impuls sama dengan satuan momentum. Satuan impuls adalah Ns dan satuan momentum adalah kg m/s atau dapat menggunakan keduanya karena dimensinya sama.

Gambar 4.21 Hubungan Impuls dan Perubahan Momentum

Sedangkan Gambar 4.21 pada buku B tidak menyinggung hukum kedua Newton dalam penjelasan konsepnya. Hal ini akan menyebabkan pemahaman yang siswa peroleh tidak lengkap. Maka pada buku 2 ini penulis perlu menambahkan penjelasan materi hukum kedua Newton pada konsep hubungan impuls dan perubahan momentum.

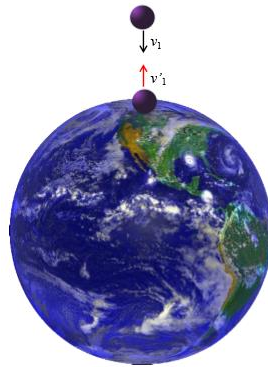
b) Tambahan 2 (halaman 58)

Perhatikan gambar berikut:



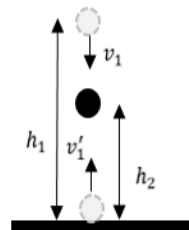
Gambar 4.22 Gerak Pemantulan Bola Terhadap Lantai

Gambar 4.22 merupakan penjelasan dari gerak jatuh bola terhadap lantai, dimana kecepatan bola tidak akan mempengaruhi kecepatan lantai yang diam. Mengingat kecepatan adalah besaran vektor, maka dalam gerakanya perlu disertakan penjelasan arah. Contohnya Gambar 4.23:



Gambar 4.23 Pantulan Bola Terhadap Lantai (Bumi) ⁶⁵

Sedangkan Gambar 4.22 hanya menunjukkan besaran yang bekerja pada gerak jatuh benda, belum menunjukkan arahnya. Sehingga dalam penjelasan tumbukan bola dengan lantai pada penyajian Gambar 4.22 perlu penambahan penjelas arah kecepatan jatuh dan pantul bola, dimana nilai v_1 bernilai negatif dan v_1' bernilai positif. Contoh penambahan penjelasan dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 4.24 Penjelasan Gerak Bola Terhadap Lantai

c) Tambahan 3

Kurikulum 2013 membagi kompetensi dasar menjadi empat bagian, yaitu sikap spiritual (KD 1), sikap sosial (KD 2), pengetahuan (KD 3) dan keterampilan (KD 4). Sikap spiritual dan sosial berlaku pada setiap

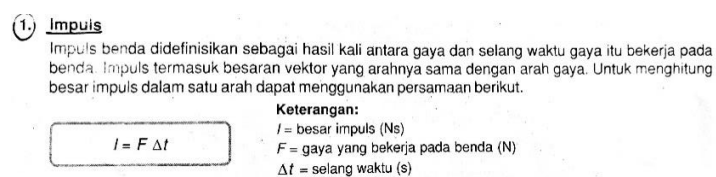
⁶⁵ Mikrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1 ...*, hal. 460

bab fisika, sedangkan pengetahuan dan keterampilan membutuhkan penyesuaian dengan materi fisika pada setiap babnya.

Peneliti menemukan bahwa pada buku B belum memaparkan penjelasan konsep subbab penerapan hukum kekekalan momentum. Maka penulis perlu menambahkan subbab penerapan hukum kekekalan momentum baik berupa materi maupun tugas praktikum.

d) Tambahan 4 (halaman 52)

Penyajian penjelasan konsep pada Buku B dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.25 Materi Impuls

Penulis menjelaskan secara singkat tentang definisi konsep impuls dimana impuls merupakan besaran vektor, dan persamaan impuls. Penjelasan yang terlalu singkat belum cukup untuk siswa dalam memahami konsep fisika. Maka dalam setiap penjelasan konsep, penulis buku B perlu membubuhkan contoh pengaplikasian, terutama yang berkenaan dengan kehidupan sehari-hari.

e) Tambahan 5 (halaman 57)

Gambar 4.26 di bawah, menjelaskan bahwa penulisan persamaan pada Panah 1 merupakan persamaan yang sama pada Panah 2, namun penulisan persamaan pada Panah 1 berbeda.

Adapun berdasarkan hukum kekekalan energi kinetik diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 E_{k_1} + E_{k_2} &= E_{k_1'} + E_{k_2'} \\
 \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 &= \frac{1}{2}m_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2}m_2 (v_2')^2 \\
 m_1((v_1')^2 - (v_1)^2) &= m_2((v_2')^2 - (v_2)^2) \\
 m_1(v_1 + v_1')(v_1 - v_1') &= m_2(v_2' + v_2)(v_2' - v_2) \quad \leftarrow 2
 \end{aligned}$$

Jika persamaan di atas saling disubstitusikan diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 m_1(v_1 + v_1')(v_1 - v_1') &= m_1(v_2' + v_2)(v_1 - v_1') \quad \leftarrow 1 \\
 v_1 + v_1' &= v_2' + v_2 \\
 v_1 - v_2 &= v_2' - v_1' \\
 -(v_2 - v_1) &= v_2' - v_1'
 \end{aligned}$$

Gambar 4.26 Hasil Substitusi pada Tumbukan Lenting Sempurna
Maka dapat disimpulkan bahwa Gambar 4. 26 merupakan kesalahan ketik dalam penulisan rumus hukum kekekalan momentum. Sehingga penulisan pada panah 1 perlu diperbaiki menjadi:

$$m_1(v_1 + v_1')(v_1 - v_1') = m_2(v_2 + v_2')(v_2 - v_2')$$

c. Buku E

Buku E merupakan buku yang diterbitkan oleh Tiga Serangkai karya Muhammad Farhani Rosyid dan kawan-kawan yang berjudul Buku Siswa Kajian Konsep Fisika 1 untuk Kelas X SMA dan MA Kelompok Peminatan dan Ilmu-Ilmu Alam dan diterbitkan pada tahun 2016 di Solo.

1) Analisis kesalahan konsep

Buku E tidak mengandung kesalahan konsep.

2) Analisis tambahan

a) Tambahan 1 (halaman 239-240)

$$\frac{\Delta(\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)}{\Delta t} = 0 \quad \dots\dots\dots (10.10)$$

atau

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \text{tetapan.} \quad \dots\dots\dots (10.11)$$

(a)

Persamaan (10.11) inilah yang dikenal dengan hukum kekekalan (kelestarian) momentum linear untuk sistem dua benda. Jadi, **jika resultan gaya yang bekerja pada suatu sistem dua benda yang terisolasi lenyap, jumlahan momentum benda-benda penyusun sistem itu tetap.** Dalam hal ini perlu dicatat bahwa momentum masing-masing benda dapat berubah (misalnya karena tumbukan), tetapi jumlahan momentum benda-benda itu haruslah tetap.

(b)

Gambar 4. 27 Persamaan Hukum Kekekalan Momentum a)

Halaman 239 b) Halaman 240

Penjelasan konsep hukum kekekalan momentum pada Gambar 4.27b di atas menjelaskan total momentum 1 dan 2 adalah konstan dan Gambar 4.27b memberitahukan bahwa momentum masing-masing benda dapat berubah karena tumbukan. Maka agar penjelasan tersebut lebih mudah dipahami, persamaan pada Gambar 4.27a perlu penjabaran tambahan seperti yang dijelaskan oleh David, $\vec{P}_i = \vec{P}_f$ atau momentum linear total pada suatu waktu awal (t_i) sama dengan momentum linear

total pada suatu waktu kemudian (t_f).⁶⁶ Maka gambar persamaan tambahannya adalah:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

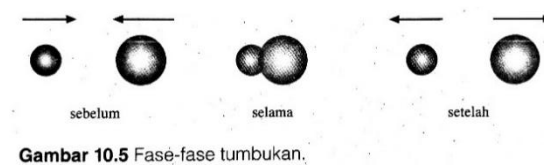
Atau dengan huruf tebal:⁶⁷

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_1' + \mathbf{p}_2'$$

$$m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 = m_1\mathbf{v}_1' + m_2\mathbf{v}_2'$$

b) Tambahan 2 (halaman 242)

Menggambarkan gerak benda dengan panah saja belum cukup untuk menjelaskan tumbukan. Hal ini dikarenakan arah tumbukan terjadi karena adanya kecepatan pada momentum dan energi kinetik yang dimiliki benda.



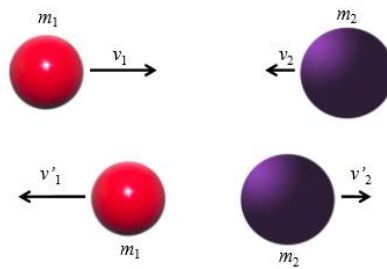
Gambar 10.5 Fase-fase tumbukan.

Gambar 4.28 Proses Tumbukan

Sedangkan penyajian Gambar 4.28 hanya menunjukkan arah gerak benda dengan panah tanpa diketahui besaran yang menyebabkan gerak pada bendanya. Mikhrajuddin mencontohkan penyajian tumbukan antar dua benda sebagai berikut:

⁶⁶ David Halliday, dkk., *Fisika Dasar Edisi...*, hal. 233

⁶⁷ Ilham A. Lembaga, *Tinjauan Umum Konsep Fisika Dasar*, (Yogyakarta: CV Budi Utama, 2019), hal. 12



Gambar 4.29 Dua Benda Melakukan Tumbukan Segaris⁶⁸

Oleh sebab itu, penyajian Gambar 4.28 perlu penambahan simbol kecepatan dan massa untuk melengkapi penjelasan pada gambar.

c) **Tambahan 3** (halaman 236)

Penjelasan satuan pada besaran sangat penting, hal ini dikarenakan masih banyak siswa yang masih bingung dalam menentukan satuan untuk digunakan.

$$\mathbf{I} = (\Sigma \mathbf{F}) \Delta t \quad \dots \dots \dots (10.5)$$

disebut **impuls**, yang diterima oleh benda itu dari resultan gaya yang bekerja pada benda itu selama selang waktu Δt . Dari persamaan (10.4) terlihat dengan jelas bahwa

$$\Delta \mathbf{p} = (\Sigma \mathbf{F}) \Delta t = \mathbf{I} \quad \dots \dots \dots (10.6)$$

Jadi, impuls yang diterima oleh sebuah benda sama dengan perubahan momentum benda itu.

Gambar 4.30 Impuls

Gambar 4.30 menunjukkan bahwa penulisan satuan besaran pada impuls belum didefinisikan. Sehingga penulis perlu menambahkan satuan pada setiap besaran baik impuls dan besaran lainnya. Sehingga penjelasan pada gambar 4.28 menjadi:

⁶⁸ Mikrajuddin Abdullah, *Fisika Dasar 1...*, hal. 449

Impuls (Ns) diterima oleh benda itu dari resultan gaya (N) yang bekerja pada benda itu pada selang waktu Δt (s)

d) Tambahan 4 (halaman 245-246)

Penyajian konsep buku materi tumbukan lenting sebagian dan tumbukan tidak lenting sama sekali terlalu singkat. Hal ini menyebabkan materi pada kedua tumbukan belum dijelaskan secara utuh. Maka pada kedua penulis perlu menambahkan materi seperti persamaan yang dihasilkan, penjelasan gambar tumbukan, dan lain sebagainya. Agar pemanahaman yang siswa peroleh bisa kompleks.

e) Tambahan 5 (halaman 243)

Perhatikan gambar berikut:

$$\mathbf{p}_{aw} = m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 = m_1 v_1 \mathbf{i} + m_2 v_2 \mathbf{i} \quad \dots\dots\dots (10.12)$$

dan tenaga kinetik awal total

$$E_{kaw} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \quad \dots\dots\dots (10.13)$$

Andaikan setelah tumbukan terjadi, kecepatan benda pertama dan kedua v'_1 dan v'_2 . Oleh karena itu, momentum total kedua benda itu setelah tumbukan adalah

$$\mathbf{p}_{ak} = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v'_1 \mathbf{i} + m_2 v'_2 \mathbf{i} \quad \dots\dots\dots (10.14)$$

Sementara itu, tenaga kinetik total setelah tumbukan adalah

$$E_{kak} = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2 \quad \dots\dots\dots (10.15)$$

Jika peristiwa tumbukan merupakan tumbukan lenting sempurna maka haruslah $\mathbf{p}_{aw} = \mathbf{p}_{ak}$ dan $E_{kaw} = E_{kak}$, yakni kedua persamaan berikut haruslah berlaku.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad \dots\dots\dots (10.16)$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2 \quad \dots\dots\dots (10.17)$$

Selanjutnya, dalam kajian tentang tumbukan yang harus dilakukan adalah menghitung v'_1 dan v'_2 dari kedua persamaan terakhir ini. Komplikasi (kesulitan) perhitungan sepenuhnya bergantung pada hal-hal yang diketahui dari sistem dua benda itu. Dari persamaan (10.16), didapatkan persamaan

$$m_1(v_1 - v'_1) = m_2(v'_2 - v_2) \quad \dots\dots\dots (10.18)$$

sedangkan dari persamaan (10.14) diperoleh

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v'^2_1 + m_2 v'^2_2$$

atau

$$m_1 v_1^2 - m_1 v'^2_1 = m_2 v'^2_2 - m_2 v_2^2$$

atau



Gambar 4.31 Persamaan Tumbukan Lenting Sempurna

Diketahui bahwa:

- a. Panah 1, adalah persamaan yang akan didapatkan
- b. Panah 2, adalah persamaan 10.14
- c. Panah 3, adalah persamaan 10.17

Berdasarkan kalimat di atas, maka persamaan yang ditunjukkan panah 1 merupakan hasil dari persamaan 10.14 (panah 2). Namun bentuk persamaan keduanya tidak sama. Panah 1 merupakan bentuk penjumlahan berpangkat sedangkan panah 2 adalah bentuk penjumlahan biasa. Sedangkan persamaan berpangkat ditunjukkan oleh panah 3. Jika dijabarkan:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$$

$$m_1v_1^2 - m_1v_1'^2 = m_2v_2'^2 - m_2v_2^2$$

Maka persamaan rumus yang cocok adalah persamaan 10.17, sehingga kalimat “sedangkan dari persamaan 10.14 diperoleh” dapat diubah menjadi:

sedangkan dari persamaan 10.17 diperoleh

f) Tambahan 6 (halaman 245)

2. Jika tembok dalam soal nomor 1 diganti dengan balok yang diam dan bermassa 10 kg, berapakah

- a. kecepatan bola setelah tumbukan;
- b. kecepatan balok setelah tumbukan?

Jawab:

- a. Dalam hal ini, $m_1 = m_{\text{bal}}$ merupakan massa balok sehingga $m_{\text{bal}} = 1,0 \text{ kg}$. Dengan menggunakan persamaan (b) dapat ditentukan kecepatan bola setelah tumbukan sebagai

$$v_b' = \frac{0,25 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 1,0 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}}{1,0 \text{ kg} + 0,025 \text{ kg}} = -9,51 \text{ m/s}.$$
 Jadi, setelah tumbukan, bola bergerak ke kiri dengan kecepatan 9,51 m/s.
- b. Sebagaimana untuk tembok, berlaku pula

$$v_{\text{bal}}' = 10 \text{ m/s} + v_b'$$
 sehingga kecepatan balok adalah

$$v_{\text{bal}}' = 10 \text{ m/s} - 9,51 \text{ m/s} = 0,49 \text{ m/s}$$
 dengan arah ke kanan.

Gambar 4.32 Contoh Soal

Gambar di atas mengalami salah pengetikan pada massa balok. Soal menyebutkan massa balok 10 kg, namun pada jawaban a, massa balok adalah 1,0 kg. Hal ini menyebabkan kesalahan pada perhitungan rumus poin a dan b. Maka dengan massa balok adalah 10 kg:

$$a. v'_b = \frac{(0,25 \text{ kg}\cdot\text{m/s}) - 10 \text{ kg}(10\text{m/s})}{10 \text{ kg} + 0,025 \text{ kg}} = \frac{0,25 - 100}{10 + 0,025} = \frac{-99,75}{10,025} = -9,95 \text{ m/s}$$

$$b. v'_{bal} = 10 \text{ m/s} + v'_b = 10 \text{ m/s} + (-9,95 \text{ m/s}) = 0,05 \text{ m/s}$$

ke kanan

B. Temuan Penelitian

Berdasarkan hasil analisis kesalahan konsep dan analisis tambahan pada buku ajar fisika materi momentum dan impuls yang telah dipaparkan di atas, diperoleh temuan penelitian pada buku A, buku B dan buku E sebagai berikut:

1. Buku A

- a. Penilaian pada buku lebih terfokuskan pada aspek kognitif, hal ini dibuktikan oleh banyaknya contoh dan latihan soal yang tersedia dalam buku. Sedangkan untuk penilaian aspek psikomotorik pada buku berupa uji praktikum tidak tersedia.
- b. Tidak tersedianya akses internet sebagai pendukung kurikulum 2013. Contoh dari akses internet adalah berupa *link* pembelajaran. Akses internet pada buku saat ini dapat dianggap penting karena fungsinya adalah membantu siswa dalam memperdalam pengetahuannya. Selain itu keberadaan internet akan mempermudah dalam pembelajaran, misalnya

pemberian contoh fisika yang sulit digambarkan secara langsung seperti atom.

2. Buku B

- a. Penjelasan konsep yang terlalu singkat. Contohnya tidak tersedianya contoh konsep, baik penjelasan maupun media gambar. Buku hanya memfokuskan pada pokok materi seperti definisi dan rumus, sehingga konsep belum tersampaikan secara baik.
- b. Tidak tersedianya akses internet baik penjelasan maupun video yang dapat digunakan siswa untuk memperdalam materi.

3. Buku E

- a. Penjelasan materi pada beberapa subbab terlalu singkat, seperti penjelasan konsep tanpa adanya rumus, ilustrasi dari konsep, dan lain-lain. Akibat yang ditimbulkan salah satunya siswa akan kesulitan dalam memahami konsep.
- b. Kelengkapan buku sangat baik daripada kedua buku lainnya. Hal ini dibuktikan karena peneliti menemukan penyajian grafik hubungan gaya terhadap waktu, dan juga tersedianya akses internet berupa link sebagai pendukung belajar siswa.

C. Analisis Data

Data hasil analisis kesalahan konsep dan analisis tambahan disajikan dalam bentuk tabel frekuensi yang terdiri dari aspek kesalahan penjelasan konsep, penulisan rumus, penulisan satuan, penulisan simbol, dan penyajian gambar. Data hasil analisis ini bersumber dari hasil *check list* yang diambil setelah

analisis buku selesai. Tabel 4.5 berikut menunjukkan perbandingan hasil kesalahan konsep pada ketiga buku ajar.

Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Jumlah Analisis Kesalahan Konsep

Buku ajar	Aspek Kesalahan Konsep					Jumlah
	Penjelasan konsep	Penulisan rumus	Penulisan satuan	Penulisan simbol	Penyajian gambar	
Buku A	1	1	0	8	0	10
Buku B	1	1	0	6	1	9
Buku E	0	0	0	0	0	0

Buku ajar yang mengalami kesalahan konsep adalah buku A dan buku B. Berdasarkan lembar *check list* pada *lampiran 9* buku A mengalami 10 kesalahan konsep, yaitu satu pada penjelasan konsep hukum kekekalan momentum, satu kesalahan konsep pada penulisan rumus momentum, dan delapan kesalahan konsep pada penulisan simbol vektor kecepatan dan gaya pada setiap subbab. Disimpulkan bahwa kesalahan konsep terbanyak pada Buku A terjadi pada penulisan simbol, hal ini disebabkan karena kecepatan adalah besaran yang selalu muncul pada setiap subbab yaitu momentum, impuls, hukum kekekalan momentum, tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, tumbukan tidak lenting samasekali, dan penerapan hukum kekekalan momentum.

Sedangkan berdasarkan lembar *check list* pada *lampiran 10* buku B mengalami satu kesalahan konsep pada penjelasan konsep tumbukan lenting sempurna, satu kesalahan konsep pada penulisan rumus dan satu kesalahan pada penyajian gambar hukum kekekalan momentum, dan enam kesalahan konsep pada penulisan simbol skalar massa dan waktu. Maka aspek pada Buku B yang

banyak mengalami kesalahan konsep adalah aspek penulisan simbol. Hal ini disebabkan karena massa berlaku pada setiap subbab momentum dan impuls.

Kesalahan konsep tidak ditemukan pada Buku E, hal ini disebabkan penjelasan pada buku sudah sesuai dengan buku universitas. Selain itu berdasarkan indikator kesalahan konsep, Buku E memiliki kelengkapan lebih banyak dari pada Buku A dan B. Hal ini disimpulkan dari hasil *check list* pada lampiran 11. Salah satu contohnya adalah pada Buku A dan B tidak didapati penyajian grafik, namun pada Buku E menjelaskan grafik hubungan gaya dan waktu.

Data yang kedua adalah data analisis tambahan. Analisis tambahan adalah analisis yang digunakan untuk data yang tidak termuat dalam indikator kesalahan konten. Tabel 4.6 munjukkan perbandingan analisis tambahan pada setiap buku.

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Jumlah Analisis Tambahan

Buku ajar	Aspek Analisis Tambahan					Jumlah
	Penjelasan konsep	Penulisan rumus	Penulisan satuan	Penulisan simbol	Penyajian gambar	
Buku A	3	2	0	0	2	7
Buku B	3	1	0	0	1	5
Buku E	2	2	1	0	1	6

Analisis tambahan pada Buku A ditemukan 7 kesalahan yang terdiri dari 3 kesalahan pada aspek penjelasan konsep, dimana buku belum memaparkan penjas hukum kedua Newton, tidak adanya uji praktikum, dan penjelasan gaya gesek yang tidak lengkap. Kesalahan pada aspek penulisan rumus terjadi sebanyak 2 kali, dimana pengoperasian bilangan dan penulisan petunjuk rumus

yang kurang tepat. Dan kesalahan pada aspek penyajian gambar terjadi 2 kali, pada penyajian gambar yang terlalu sederhana dan peletakan tanda positif dan negatif yang salah.

Analisis tambahan pada Buku B ditemukan 5 kesalahan yang terdiri dari 3 kesalahan pada aspek penjelasan konsep, dimana buku belum memaparkan penjas hukum kedua Newton, tidak adanya subbab penerapan hukum kekekalan momentum, dan tidak adanya contoh konsep yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Kesalahan pada aspek penulisan rumus terjadi sebanyak 1 kali, dimana terjadi salah pengetikan pada persamaan tumbukan lenting sempurna. Dan kesalahan pada aspek penyajian gambar terjadi 1 kali, pada penyajian hasil pantulan bola yang tidak memaparkan keterangan secara lengkap.

Analisis tambahan pada Buku E ditemukan sebanyak 6 kesalahan yang terdiri dari 2 kesalahan pada aspek penjelasan konsep, dimana penjabaran konsep hukum kekekalan momentum yang tidak lengkap dan terdapat materi yang terlalu singkat pada beberapa subbabnya. Kesalahan pada aspek penulisan rumus terjadi sebanyak 2 kali, dimana penulisan petunjuk persamaan yang tidak sesuai dan nilai yang salah pada pengerjaan contoh soal. Kesalahan pada aspek penulisan satuan terjadi sebanyak 1 kali dikarenakan belum adanya satuan untuk impuls. Dan kesalahan pada aspek penyajian gambar terjadi 1 kali pada gambar tumbukan yang memiliki penjas gambar tidak lengkap.

Hasil analisis kesalahan konsep dan analisis tambahan akan dijumlahkan untuk mengetahui aspek yang paling banyak mengalami kesalahan konten.

Berikut tabel hasil penjumlahan kesalahan konten pada buku ajar fisika:

Tabel 4.3 Hasil Penjumlahan Analisis Kesalahan Konsep dan Analisis Tambahan

Buku penelitian	Jenis Analisis	Aspek Kesalahan Konten				
		PK	PR	PSat	PSim	PG
Buku A	Kesalahan konsep	1	1	0	8	0
	Tambahan	3	2	0	0	2
Buku B	Kesalahan konsep	1	1	0	6	1
	Tambahan	3	1	0	0	1
Buku E	Kesalahan konsep	0	0	0	0	0
	Tambahan	2	2	1	0	1
Jumlah total		10	7	1	14	5

Keterangan: *PK* (*Penjelasan Konsep*), *PR* (*Penulisan Rumus*), *PSat* (*Penulisan*

Satuan), *PSim* (*Penulisan Simbol*), *PG* (*penyajian Gambar*)

Maka aspek terbanyak yang mengalami kesalahan konten adalah aspek penulisan simbol sebanyak 14 kesalahan, sedangkan aspek paling sedikit mengalami kesalahan konten adalah aspek penulisan satuan sebanyak 1 kesalahan.