



**PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MOMENTUM LINIER
BENDA YANG TIDAK SALING KONTAK**

Skripsi
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Fisika

oleh
Nisrina Imtinan
4201416046

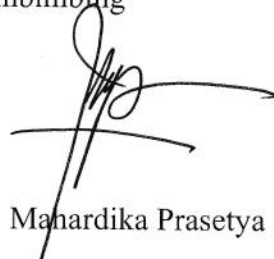
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Mei 2020

Pembimbing



Dr. Mahardika Prasetya Aji, M. Si.

NIP. 19810815 200312 1 003

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya, bukan jiplakan atau karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Mei 2020



Nisrina Imtinan

NIM. 4201416046

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Pengembangan Alat Peraga Momentum Linier Benda yang Tidak Saling Kontak* karya Nisrina Imtina 4201416046 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada 14 Mei 2020 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

Semarang, 14 Mei 2020

Panitia:



Ketua,

Dr. Sugianto, M. Si.

NIP. 19610219 199303 1 001

Sekretaris,

Dr. Suharto Linuwih, M. Si.

NIP. 19680714 199603 1 005

Penguji 1,

Dr. Budi Naini Mindyarto, M. App. Sc.

NIP. 19600511 198503 1 003

Penguji 2,

Prof. Dr. Putut Marwoto, M. S.

NIP. 19630821 198803 1 004

Anggota Penguji/Pembimbing

Dr. Mahardika Prasetya Aji, M. Si.

NIP. 19810815 200312 1 003

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Cukuplah Allah bagiku, tidak ada Tuhan selain Dia. Hanya kepada-Nya aku bertawakkal, dan Dia adalah Tuhan yang memiliki ‘Arasy yang agung (QS. At-Taubah:129).
- Sesungguhnya hanya orang-orang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa batas (QS. Az-Zumar:10).
- *Acquire knowledge and teach people. Learn with it dignity and tranquility, humility for those who teach you, and humility for those whom you teach. Don't be tyrannical scholars and thus base your knowledge upon your ignorance (Umar ibn al-Khattab).*

PERSEMBAHAN

kepada Ibu Laeli Nugraheni Herawati, Ayah
Cholid Romadhon (alm.), dan Adik Nabila Iftinan.

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengembangan Alat Peraga Momentum Linier Benda yang Tidak Saling Kontak”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum dan menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu tercinta, Laeli Nugraheni Herawati, atas segala doa yang selalu dipanjatkan kepada Allah Swt., semangat dan kesabaran yang tercurah, serta dukungan baik moral maupun material yang senantiasa diberikan kepada penulis.
2. Ayah Cholid Romadhon (alm.) atas perjuangan, semangat, serta limpahan kasih dan sayang yang diberikan kepada penulis semasa hidupnya.
3. Adik Nabila Iftinan dan keluarga besar Bani Suprihartono yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M. Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis, menanamkan pola berpikir logis, realitis, dan terstruktur, serta meluangkan waktu untuk memberikan saran, masukan, dan motivasi bagi penulis.
5. Dr. Budi Naini Mindyarto, M. App. Sc., selaku penguji 1 skripsi yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
6. Prof. Dr. Putut Marwoto, M. S., selaku penguji 2 skripsi yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
7. Dr. Ian Yulianti, M. Eng., selaku dosen wali yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penyusunan skripsi.
8. Dosen, tenaga pendidik, karyawan, serta teman-teman Jurusan Fisika FMIPA UNNES.

9. Rekan-rekan Fisika Material Terapan, Jenny, Yuvita, Dea, dan Mbak Ita yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat tersayang, antara lain Amalia Putri Hesantero, Zaki Fajar Rokhmah, Fijrina Widiastuti, Namira Mutiara Atsilah, dan Shafira Moreta yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis, serta kesediaannya menjadi tempat berkeluh kesah selama ini.
11. Rekan-rekan PPL SMA Negeri 1 Ungaran.
12. Paduan Suara Mahasiswa Bina Vokalia FMIPA UNNES, Students Scientific Center FMIPA UNNES, dan Asisten Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UNNES periode 2018/2019.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini. Semoga amal dan budi baiknya mendapat pahala dari Allah Swt.

Penulis memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan, karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Karya ini merupakan buah dari kasih sayang, serta bentuk rasa bakti dan tanggung jawab penulis kepada orang tua. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca sekalian. Besar harapan penulis di kemudian hari, penelitian yang telah dilakukan dapat memberi sumbangsih bagi dunia riset dan pendidikan Indonesia. Aamiin ya Rabbalaalamiin.

Semarang, Mei 2020

Penulis

ABSTRAK

Imtinan, Nisrina. 2020. *Pengembangan Alat Peraga Momentum Linier Benda yang Tidak Saling Kontak*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Mahardika Prasetya Aji, M. Si.

Kata Kunci: Alat Peraga, Momentum Linier, Tidak Kontak

Konsep kekekalan momentum linier dipahami hanya berlaku untuk benda yang bertumbukan secara fisik. Sesaat tumbukan antara dua benda yang saling bersentuhan berlaku hukum aksi-reaksi Newton, seperti interaksi antardipol muatan listrik dan dipol magnet. Dengan menggunakan pemahaman ini, kekekalan momentum linier dapat terpenuhi walaupun benda tidak saling bertumbukan secara fisik, tetapi terdapat interaksi gaya tolak magnetik dipol magnet, sehingga tumbukan dapat terjadi secara tidak kontak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan tingkat kelayakan perangkat alat peraga momentum linier benda yang tidak saling kontak. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian dan pengembangan (*research and development*). Perangkat alat peraga yang dikembangkan meliputi alat peraga, panduan penggunaan, dan lembar kerja praktikum menggunakan alat peraga momentum linier benda yang tidak saling kontak. Karakteristik alat peraga terdapat pada komponen magnet *neodymium* yang dipasang pada masing-masing bagian depan benda yang akan bertumbukan. Tumbukan yang dihasilkan terjadi tanpa adanya kontak fisik antara kedua benda. Pada kedua benda terjadi interaksi gaya antardipol dua kutub magnet senama yang saling berhadapan, sehingga mengalami gaya tolak menolak. Fenomena Fisika terkait momentum linier yang ditunjukkan sangat berbeda, tetapi dapat menunjukkan kekekalan momentum linier pada peristiwa tumbukan. Hasil uji coba alat peraga yang dikembangkan menunjukkan bahwa momentum linier benda sebelum tumbukan sama besar dengan momentum linier benda setelah tumbukan. Hasil uji kelayakan alat peraga dan panduan penggunaan dari validator memperoleh skor sebesar 49,3 dan persentase 94,8% dengan kriteria sangat layak. Hasil uji kelayakan lembar kerja praktikum menggunakan alat peraga dari validator memperoleh skor sebesar 63,2 dan persentase 92,9% dengan kriteria sangat layak. Hasil tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan perangkat alat peraga memperoleh rerata skor sebesar 3,62 dan persentase 90,65% yang termasuk dalam kriteria sangat tinggi.

ABSTRACT

Imtinan, Nisrina. 2020. Development of Linear Momentum Props without Physical Contact. Thesis, Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Semarang. Supervisor Dr. Mahardika Prasetya Aji, M. Si.

Keywords: Props, Linear Momentum, without Physical Contact

Conservation of linear momentum concept is understood applies to objects that physically collide. At the moment of collision between two objects that physically collide applies Newton's laws of action-reaction, such as interactions between electric charge poles and magnetic dipoles. By understanding the concept, the conservation of linear momentum can be fulfilled even though the objects does not physically collide each other, but there is an interaction between magnetic dipoles repulsive force, so the collision occur without physically contact. The aims of this study is to determine the characteristics and validity level of linear momentum props without physical contact objects. The research method was research and development model. The developed include props, manual guide book, and practical worksheet. The props characteristic is found on the neodymium magnetic components which are mounted on each front of the colliding objects. There is an interaction between the magnetic dipoles, when the two equal magnetic poles repel each other. Physics phenomena related to linear momentum are shown very different, but it can indicate the conservation of linear momentum in collision. The props experiment results shown that the linear momentum of the objects before collision is equal to the linear momentum after collision. The result shows that the linear momentum props without physical contact and its manual guide book were highly valid criteria, its score 49,3 and percentage 94,8%, and the practical worksheet had a highly valid criteria, its score 63,2 and percentage 92,9%. The practicality of the props was considered practical based on students responses with very good category, its score 3,62 and percentage 90,65%.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB	
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Penegasan Istilah	4
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pembelajaran Fisika	6
2.2 Alat Peraga	7
2.3 Pembelajaran Fisika Menggunakan Alat Peraga	8
2.4 Tinjauan Materi Momentum Linier	8
2.5 Alat Peraga Fisika Materi Momentum Linier	15
2.6 Panduan Penggunaan Alat Peraga	18
2.7 Lembar Kerja Praktikum	18

III. METODE PENELITIAN

3.1 Subjek, Objek, dan Responden Penelitian	22
3.2 Lokasi Penelitian	22
3.3 Desain Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.5 Metode Pengumpulan Data	27
3.6 Instrumen Penelitian	27
3.7 Analisis Data	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Dasar Pengembangan Alat Peraga	31
4.2 Rancangan Alat Peraga	33
4.3 Hasil Pengembangan Alat Peraga	35
4.4 Hasil Uji Coba Alat Peraga	37
4.5 Kelayakan Alat Peraga	40

V. PENUTUP

5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA	46
----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Indikator Kelayakan Lembar Kerja	20
2.2 Penilaian Kelayakan Lembar Kerja Praktikum	21
3.1 Rating Scale Angket Validator	28
3.2 Kriteria Kelayakan Perangkat Alat Peraga	29
3.3 Rating Scale Angket Tanggapan Mahasiswa	29
3.4 Kriteria Analisis Data Tanggapan Mahasiswa	30
4.1 Kecepatan Kereta <i>Air Track</i> Sesaat Sebelum dan Setelah Tumbukan	38
4.2 Momentum Linier Sistem Sesaat Sebelum dan Setelah Tumbukan	38
4.3 Koefisien Restitusi	39
4.4 Hasil Uji Kelayakan Alat Peraga	40
4.5 Hasil Uji Kelayakan Lembar Kerja Praktikum	41
4.6 Hasil Tanggapan Mahasiswa terhadap Perangkat Alat Peraga	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Gaya sebagai Fungsi Waktu pada saat Tumbukan	9
2.2 Grafik Gaya Aksi dan Reaksi	11
2.3 Ilustrasi Tumbukan Dua Benda	12
2.4 Tumbukan Lenting Sempurna	14
2.5 Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali	14
2.6 Kit Percobaan Kekekalan Momentum Berbasis Sensor	16
2.7 Set Percobaan Tumbukan Induktif Tidak Lenting Sama Sekali	18
3.1 Langkah-langkah Menciptakan Produk yang Teruji	23
3.2 Prosedur Pengembangan dalam Penelitian	24
4.1 Tumbukan	32
4.2 Alat Peraga Sebelum Pengembangan	34
4.3 Alat Peraga Setelah Pengembangan	34
4.4 Alat Peraga Momentum Linier Benda yang Tidak Saling Kontak	36
4.5 Skema Percobaan Tumbukan Menggunakan Magnet <i>Neodymium</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Pengamatan Uji Empiris Momentum Linier	51
2. Lembar Instrumen Validasi Perangkat Alat Peraga	54
3. Rekap Skor Penilaian Validator	89
4. Hasil Angket Tanggapan Mahasiswa	95
5. Analisis Angket Tanggapan Mahasiswa terhadap Perangkat Alat Peraga	100
6. Panduan Penggunaan Alat Peraga	103
7. Lembar Kerja Praktikum Menggunakan Alat Peraga	120

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Momentum merupakan salah satu materi pokok dalam ilmu Fisika terkait gerak benda. Materi pokok ini begitu penting dalam merepresentasi gerak benda, karena dari besaran momentum dan perubahannya dapat ditentukan besaran-besaran Fisika lainnya seperti kecepatan, percepatan, dan gaya (Asy'ari *et al.*, 2019). Banyak peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang terkait dengan konsep momentum, seperti orang berjalan, pantulan dan tumbukan bola, kendaraan bermotor yang melaju, dan hewan yang berlari (Mughny & Rahmawati, 2016). Momentum total dari benda yang bergerak lurus akan kekal atau tetap apabila tidak terdapat gaya luar seperti gaya gesek yang bekerja pada benda tersebut. Prinsip ini yang dikenal sebagai kekekalan momentum linier.

Konsep kekekalan momentum linier sering diilustrasikan dengan peristiwa dua benda yang bergerak saling berlawanan hingga terjadi tumbukan. Dua benda yang bertumbukan mengalami interaksi dan gaya timbul antara kedua benda. Berdasarkan hukum III Newton, gaya yang bekerja pada kedua benda besarnya sama, tetapi berlawanan arah, sehingga interaksi gaya yang terjadi pada benda bertumbukan disebut gaya aksi-reaksi (Halliday *et al.*, 2011). Kondisi kekekalan momentum linier terpenuhi saat momentum total benda setelah tumbukan sama dengan momentum total saat benda bergerak (Kholida & Latief, 2017).

Konsep kekekalan momentum linier dipahami hanya berlaku untuk benda yang saling bertumbukan secara fisik. Sesaat tumbukan antara dua benda yang saling bersentuhan berlaku hukum aksi-reaksi Newton. Gaya aksi-reaksi dapat terjadi walaupun benda tidak bersentuhan secara fisik, seperti interaksi antardipol muatan listrik dan dipol magnet. Interaksi gaya dua benda tidak mensyaratkan terjadinya kontak fisik. Menurut Pinheiro (2011) dan Kurniawan (2018), aplikasi pengetahuan yang cukup relevan dengan pemahaman hukum III Newton dalam hal interaksi gaya berupa peristiwa interaksi dipol magnet atau interaksi gaya elektrostatik. Dengan menggunakan pemahaman ini, kekekalan momentum linier

dapat terpenuhi walaupun benda tidak saling bertumbukan secara fisik, tetapi terdapat interaksi gaya tolak magnetik dipol magnet, sehingga tumbukan dapat terjadi secara tidak kontak.

Banyak solusi dilakukan dalam pembelajaran terkait konsep momentum linier, antara lain menggunakan alat peraga (Saphet *et al.*, 2017). Alat peraga menjadi salah satu media yang memiliki peran penting sebagai perangkat pendukung dalam pembelajaran untuk menghadirkan secara nyata fenomena-fenomena Fisika, sehingga tujuan dari pembelajaran Fisika dapat tercapai (Saleh & Jumadi, 2015; Saepuzaman & Yustiandi, 2017). Naryanto *et al.* (2014) mengemukakan bahwa alat peraga termasuk salah satu media visual yang sangat membantu proses penyampaian materi oleh pengajar yang dipelajari peserta didik. Kegiatan pembelajaran Fisika yang menggunakan alat peraga terdapat tahapan kegiatan ilmiah di dalamnya, yaitu kegiatan yang dilakukan seperti para ilmuwan dari kegiatan mengamati fenomena dan hingga memperoleh pemahaman konsep (Hamid, 2011). Beberapa penelitian terkait pengembangan alat peraga momentum linier telah dilakukan, tetapi sebatas untuk benda yang bergerak saling berlawanan dan bertumbukan secara fisik, seperti yang dilakukan oleh Fatkhulloh (2012), Purwanti dan Yudhiakto (2014), Wijaya *et al.* (2015), Mughny & Rahmawati (2016), serta Asyarti *et al.* (2019). Seeley (2018) mengembangkan sebuah alat peraga momentum linier peristiwa tumbukan tidak lenting sama sekali tanpa adanya kontak fisik atau sentuhan antara dua benda yang bertumbukan. Pengembangan ini memanfaatkan hukum Lenz dengan cara menambahkan magnet pada bagian depan salah satu benda dan pipa tembaga pada bagian depan benda lain yang saling bertumbukan.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan perangkat alat peraga momentum linier peristiwa tumbukan pada benda yang tidak saling kontak secara fisik, tetapi terdapat interaksi gaya antara dua benda berupa interaksi dipol magnet. Pengembangan dilakukan dengan menambahkan magnet *neodymium* pada masing-masing benda. Apabila benda-benda yang terpasang magnet ini digerakkan saling mendekat, maka memungkinkan benda akan mengalami interaksi gaya dari dipol-dipol magnet. Benda akan saling menolak walaupun tidak mengalami kontak secara

fisik akibat susunan magnet *neodymium* dengan kutub yang sejenis atau senama. Melalui pengembangan alat peraga ini, fenomena Fisika dapat dihadirkan untuk mencapai tujuan pembelajaran materi momentum linier.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini berfokus pada permasalahan:

1. Bagaimana karakteristik perangkat alat peraga momentum linier benda tidak saling kontak yang dikembangkan?
2. Bagaimana tingkat kelayakan perangkat alat peraga momentum linier benda tidak saling kontak yang dikembangkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik perangkat alat peraga momentum linier benda tidak saling kontak yang dikembangkan.
2. Menganalisis tingkat kelayakan perangkat alat peraga momentum linier benda tidak saling kontak yang dikembangkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah diuraikan, manfaat yang diharapkan dapat diraih dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif perangkat alat peraga, sehingga dapat digunakan dalam menunjang proses pembelajaran Fisika yang inovatif pada pokok bahasan momentum linier.
2. Menambah khazanah keilmuan mengenai konsep momentum linier pada peristiwa tumbukan benda yang tidak saling kontak.

1.5 Pembatasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Perangkat alat peraga yang dikembangkan terdiri atas alat peraga dan lembar kerja praktikum menggunakan alat peraga. Pengembangan alat peraga dilakukan dengan memasang magnet *neodymium* pada masing-masing bagian depan benda berupa kereta (*cart*).
2. Mahasiswa hanya melakukan praktikum tumbukan menggunakan alat peraga yang dikembangkan.
3. Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah terkait kelayakan perangkat alat peraga yang dikembangkan untuk pembelajaran.

1.6 Penegasan Istilah

Untuk menghindari perbedaan penafsiran yang digunakan dalam judul “Pengembangan Alat Peraga Momentum Linier Benda yang Tidak Saling Kontak”, istilah-istilah penting yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1.6.1 Pengembangan

Pengembangan merupakan proses untuk memvalidasi produk, berarti produk itu telah ada dan peneliti hanya menguji efektivitas atau validitas produk, serta mengembangkan produk, berarti memperbaiki produk yang telah ada atau menciptakan produk yang baru. Tahapan dalam penelitian pengembangan terdiri atas penelitian, perancangan, produksi, dan pengujian (Sugiyono, 2015).

1.6.2 Alat Peraga

Menurut Sudjana & Rivai (2010), alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar peserta didik lebih efektif dan efisien. Alat peraga dapat memuat ciri dan bentuk dari konsep materi ajar yang digunakan untuk memperagakan materi melalui penggambaran peristiwa, kegiatan, fenomena, atau mekanisme kerja (Prihatiningtyas & Putra, 2018).

1.6.3 Momentum Linier

Momentum linier merupakan momentum yang dimiliki benda-benda yang bergerak pada lintasan lurus. Momentum linier didefinisikan sebagai hasil kali massa benda dengan kecepatan gerak benda (Khader, 2017).

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi ini terdiri atas tiga bagian yang dirinci sebagai berikut:

1.7.1 Bagian Awal

Bagian awal skripsi terdiri atas halaman judul, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, serta daftar lampiran.

1.7.2 Bagian Isi

Bagian isi skripsi terdiri atas:

1. Bab I: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, penegasan istilah, dan sistematika penulisan skripsi.
2. Bab II: Tinjauan pustaka, berisi teori-teori yang mendukung penelitian.
3. Bab III: Metode penelitian, berisi tentang subjek, objek, dan responden penelitian, lokasi penelitian, desain penelitian, prosedur penelitian, metode pengumpulan data penelitian, instrumen penelitian, dan analisis data penelitian.
4. Bab IV: Hasil dan pembahasan, berisi hasil penelitian beserta pembahasannya.
5. Bab V: Penutup, berisi simpulan dan saran.

1.7.3 Bagian Akhir

Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Fisika

Fisika mengkaji sifat materi, energi, dan gejala yang dialami benda di alam yang menjadi dasar perkembangan ilmu pengetahuan alam dan teknologi. Salah satu tujuan pembelajaran Fisika adalah agar peserta didik dapat mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap percaya diri melalui penguasaan berbagai konsep dan prinsip Fisika, sehingga dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Putra *et al*, 2016). Fauzi dan Radiyono (2013) menyatakan bahwa dalam pembelajaran Fisika, peserta didik harus mampu menguasai konsep-konsep Fisika serta menggunakan metode ilmiah yang dilandasi sikap ilmiah untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya.

Pengetahuan Fisika terdiri atas banyak prinsip dan konsep yang pada umumnya bersifat sangat abstrak. Kesulitan terbesar peserta didik adalah dalam menginterpretasi berbagai prinsip dan konsep tersebut. Mereka dituntut harus mampu menginterpretasi secara tepat. Kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi dan menginterpretasi konsep Fisika merupakan syarat penting bagi penggunaan konsep untuk membuat inferensi-inferensi yang lebih kompleks (Mundilarto, 2010).

Pembelajaran Fisika yang baik adalah berdasarkan hakikat Fisika, yaitu peserta didik perlu menguasai proses dan produk Fisika. Proses Fisika berupa cara produk dapat ditemukan lebih lanjut dengan mengaplikasikan produk tersebut dalam kejadian sehari-hari, sedangkan produk Fisika dalam hal ini meliputi konsep, prinsip, asas, hukum, dan teori Fisika. Selain itu, peserta didik dibekali dengan pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Sutarto *et al.*, 2014). Pembelajaran Fisika harus diajarkan sesuai dengan karakteristik Fisika, baik melalui pengukuran langsung, metode eksperimen, demonstrasi, maupun penjabaran rumus. Metode eksperimen merupakan hal yang penting dalam pembelajaran Fisika, karena peserta didik dapat lebih mengembangkan aspek produk, proses, dan sikap (Gunawan, 2015). Proses pembelajaran melalui metode eksperimen menekankan keterlibatan peserta didik

secara langsung untuk mengalami proses dan membuktikan sendiri hasil percobaan sesuai dengan konsep atau teori.

2.2 Alat Peraga

2.2.1 Pengertian Alat Peraga

Sudjana (2014) mengemukakan bahwa alat peraga memegang peranan penting dalam menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Alat peraga merupakan media pembelajaran yang mengandung atau membawa konsep-konsep dari materi yang dipelajari. Penggunaan alat peraga akan membantu peserta didik untuk memahami suatu konsep. Selain itu, alat peraga dapat mempermudah peserta didik, karena peserta didik dapat secara langsung melihat, mengamati, dan memahami proses kejadian dengan sebenarnya (Wulantri & Ali, 2018).

2.2.2 Fungsi Alat Peraga

Enam fungsi pokok dari alat peraga dalam proses belajar mengajar menurut Sudjana (2014) yaitu:

1. Penggunaan alat peraga dalam proses belajar mengajar merupakan fungsi tersendiri sebagai alat bantu untuk mewujudkan situasi belajar mengajar yang efektif.
2. Penggunaan alat peraga merupakan bagian integral dari keseluruhan situasi mengajar. Artinya, alat peraga merupakan salah satu unsur yang harus dikembangkan guru.
3. Alat peraga dalam pengajaran penggunaannya harus sesuai dengan tujuan dan isi pelajaran.
4. Penggunaan alat peraga dalam pengajaran bukan hanya sebagai alat hiburan atau sekadar melengkapi proses belajar supaya lebih menarik perhatian peserta didik.
5. Penggunaan alat peraga dalam pembelajaran lebih diutamakan untuk mempercepat proses belajar mengajar dan membantu peserta didik dalam menangkap pengertian yang diberikan guru.
6. Penggunaan alat peraga dalam pengajaran diutamakan untuk menguatkan mutu belajar mengajar, dalam artian dengan menggunakan alat peraga, maka

hasil belajar yang dicapai akan tahan lama diingat oleh peserta didik, sehingga pelajaran mempunyai nilai tinggi.

2.3 Pembelajaran Fisika menggunakan Alat Peraga

Proses pembelajaran Fisika memberikan pemahaman praktis kepada peserta didik tentang fenomena Fisika yang sedang atau akan dipelajari. Alat peraga mampu membangkitkan motivasi dan merangsang peserta didik untuk lebih aktif, sehingga alat peraga sangat efektif dan efisien (Hartati, 2010). Menurut Kaniawati *et al.* (2016), pendayagunaan alat peraga pada proses pembelajaran Fisika merupakan salah satu cara dalam menunjang pengembangan pengetahuan, keterampilan, kebutuhan dasar penyampaian materi, konsep, serta informasi Fisika.

Afriyanto (2015) mengemukakan bahwa kelayakan alat peraga adalah pantas atau tidaknya alat peraga tersebut digunakan dalam pembelajaran Fisika di kelas. Kelayakan alat peraga meliputi:

1. Alat peraga harus sesuai dengan konsep Fisika.
2. Alat peraga harus sesuai dengan kurikulum.
3. Bentuk dan performa dari alat peraga harus menarik dan sesuai dengan subjek (peserta didik) yang hendak diteliti.
4. Alat peraga mudah dipahami oleh peserta didik dan keterbacaan alat mudah.
5. Alat peraga hendaknya mudah digunakan.

Kriteria penilaian alat peraga meliputi aspek penilaian ahli media, ahli materi, dan persepsi peserta didik tentang alat peraga (Fuada, 2015). Pertama, penilaian ahli media meliputi efektivitas, kemudahan, kesesuaian, kelengkapan, komunikatif, dan interaktif. Kedua, penilaian ahli materi meliputi kesesuaian, kelengkapan, kemudahan, dan kejelasan. Ketiga, penilaian persepsi peserta didik meliputi kemudahan, kejelasan, kesesuaian, tampilan, dan kemenarikan.

2.4 Tinjauan Materi Momentum Linier

2.4.1 Momentum Linier

Apabila terdapat dua benda yang bergerak dengan kecepatan berbeda, dikatakan kedua benda tersebut memiliki keadaan gerak yang berbeda. Besaran yang dapat membedakan keadaan gerak suatu benda adalah momentum.

Momentum merupakan besaran vektor yang didefinisikan sebagai hasil perkalian antara besaran massa dan kecepatannya. Secara matematis, momentum dapat ditulis pada Persamaan (2-1)

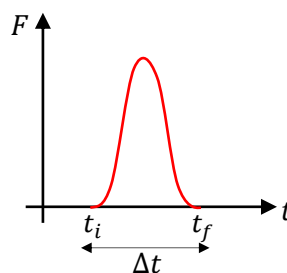
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (2-1)$$

\vec{p} adalah momentum linier (kg.m/s), m adalah massa benda (kg), dan \vec{v} adalah kecepatan benda (m/s) (Halliday *et al.*, 2010).

Benda dengan massa tertentu dan bergerak cepat akan memiliki momentum lebih besar daripada benda yang bergerak lebih lambat. Pada kondisi lain, dengan kecepatan sama, tetapi massa berbeda, momentumnya akan berbeda. Fenomena momentum sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti tumbukan bola-bola di meja bilyar, tabrakan dua arah, olahraga badminton, tenis, dan lain-lain (Mughny & Rahmawati, 2016).

2.4.2 Tumbukan dan Impuls

Tumbukan dapat terjadi apabila terdapat dua benda yang bergerak dan bertemu pada suatu titik yang sama. Tumbukan dapat terjadi apabila kedua benda saling menumbuk atau salah satu benda menumbuk benda yang lain. Selama tumbukan, terjadi gaya interaksi antara kedua benda tersebut. Selama tumbukan berlangsung, terjadi gaya interaksi antara benda pertama dan kedua, gaya interaksi benda 1 ke benda 2 (\vec{F}_{12}) dan gaya interaksi benda 2 ke benda 1 (\vec{F}_{21}). Besar gaya interaksi selama tumbukan selalu berubah-ubah, pada awalnya nol, nilainya membesar, dan mencapai maksimum, lalu mengecil dan mencapai nol pada saat berakhirnya proses tumbukan. Selang waktu terjadinya tumbukan adalah sangat singkat. Grafik gaya interaksi selama tumbukan sebagai fungsi waktu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gaya sebagai Fungsi Waktu pada saat Tumbukan

Berdasarkan hukum II Newton, \vec{F}_{netto} (gaya netto) yang bekerja pada suatu benda sama dengan kecepatan perubahan momentumnya.

$$\vec{F}_{netto} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2-2)$$

Apabila gaya netto \vec{F}_{netto} yang bekerja pada suatu benda adalah konstan, maka $\frac{d\vec{p}}{dt}$ juga konstan. Pada kasus ini, $\frac{d\vec{p}}{dt}$ sama dengan perubahan momentum total $\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \Delta\vec{p}$ selama selang waktu $t_2 - t_1 = \Delta t$. Persamaan 2-2 dapat ditulis menjadi

$$\vec{F}_{netto} = \frac{d\vec{p}}{\Delta t} \quad (2-3)$$

Apabila masing-masing ruas dikalikan dengan selang waktu Δt , maka diperoleh

$$\vec{F}_{netto} \cdot \Delta t = \frac{d\vec{p}}{\Delta t} \cdot \Delta t \quad (2-4)$$

$$\vec{F}_{netto} \cdot \Delta t = \vec{I} \quad (2-5)$$

Hasil perkalian gaya netto \vec{F}_{netto} dengan selang waktu Δt disebut sebagai impuls. Impuls merupakan besaran vektor. Arah impuls searah dengan arah gaya netto \vec{F}_{netto} , sedangkan besarnya adalah hasil kali besar gaya netto \vec{F}_{netto} dengan lama waktu gaya tersebut bekerja. Satuan SI untuk impuls adalah newton sekon (Ns). Oleh karena $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$, maka dapat diperoleh satuan impuls yang lain, yaitu kg.m/s.

Dari penurunan yang berbeda, berdasarkan hukum II Newton,

$$\vec{F}_{netto} = m \cdot \vec{a} \quad (2-6)$$

$$\vec{F}_{netto} = m \cdot \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{m \cdot (\vec{v}_f - \vec{v}_i)}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \quad (2-7)$$

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}_{netto} \cdot \Delta t = \vec{I} \quad (2-8)$$

maka dapat didefinisikan bahwa impuls merupakan perubahan momentum.

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \quad (2-9)$$

Persamaan (2-9) disebut sebagai teorema impuls-momentum. Perubahan momentum sebuah benda selama selang waktu sama dengan impuls dari gaya netto yang bekerja pada benda selama selang waktu tersebut.

2.4.3 Kekekalan Momentum Linier

Hukum kekekalan momentum dapat digunakan untuk meninjau benda-benda yang bertumbukan. Akan diturunkan hukum kekekalan momentum yang diperoleh dari Persamaan (2-1) sebagai berikut

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (2-10)$$

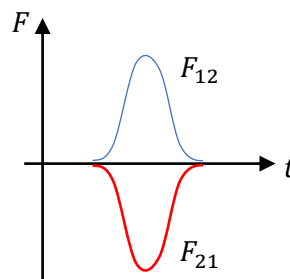
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2-11)$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad (2-12)$$

$$\vec{F}_{netto} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2-13)$$

\vec{F}_{netto} (gaya netto) adalah gaya total diberikan kepada benda yang merupakan jumlahan vektor semua gaya yang bekerja padanya. Gaya netto merupakan kecepatan perubahan momentum, sehingga dapat dikatakan bahwa momentum suatu benda dapat diubah nilai atau arahnya dengan suatu gaya (Rositawati, 2018).

Apabila tidak ada gaya lain yang bekerja pada suatu benda, maka yang ada hanyalah gaya interaksi antara kedua benda yang bertumbukan, yaitu gaya interaksi benda 1 ke benda 2 (\vec{F}_{12}) dan gaya interaksi benda 2 ke benda 1 (\vec{F}_{21}).



Gambar 2.2 Grafik Gaya Aksi dan Reaksi

Berdasarkan hukum III Newton,

Gaya aksi = -Gaya reaksi

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (2-14)$$

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0 \quad (2-15)$$

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = 0 \quad (2-16)$$

$$\frac{d(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)}{dt} = 0 \quad (2-17)$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \text{konstan} \quad (2-18)$$

(Halliday *et al.*, 2011).

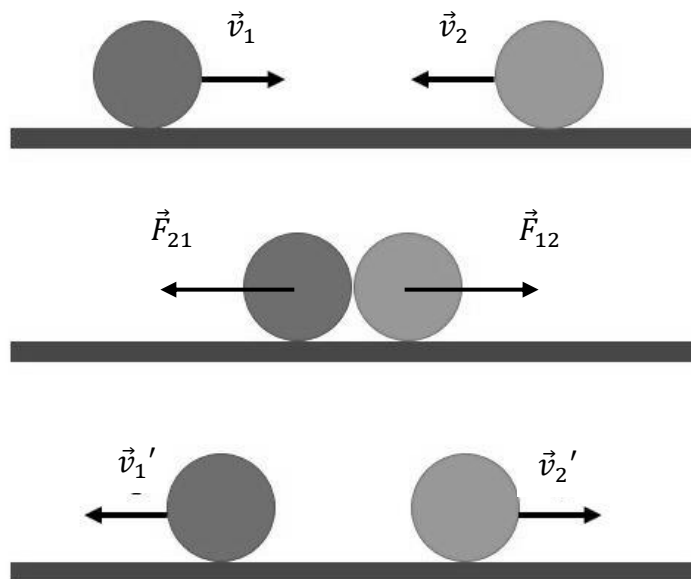
Hukum kekekalan momentum linier menyatakan bahwa apabila tidak ada gaya luar yang bekerja pada dua benda yang bertumbukan, maka momentum benda sebelum tumbukan sama dengan momentum benda setelah tumbukan. Dua benda bergerak saling mendekat dengan kecepatan awal \vec{v}_1 dan \vec{v}_2 . Momentum awal benda saat berdekatan dinyatakan pada Persamaan (2-19).

$$\vec{p}_1 = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 \quad (2-19)$$

Kedua benda akan bertumbukan, sehingga setelah tumbukan benda (1) akan berbalik arah ke kiri dengan kecepatan \vec{v}_1' dan benda (2) akan berbalik arah ke kanan dengan kecepatan \vec{v}_2' . Momentum benda setelah bertumbukan dinyatakan pada Persamaan (2-20).

$$\vec{p}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2' \quad (2-20)$$

Peristiwa kedua benda yang bertumbukan diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi Tumbukan Dua Benda

Pada tumbukan akan berlaku hukum kekekalan momentum. Hukum kekekalan momentum linier menyatakan, “Dalam peristiwa tumbukan, momentum total sistem sesaat sebelum tumbukan sama dengan momentum total sistem sesaat setelah tumbukan, asalkan tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem.” (Mughny & Rahmawati, 2016). Berdasarkan persamaan (2-18), hukum kekekalan momentum linier dinyatakan pada Persamaan (2-21).

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2' \quad (2-21)$$

2.4.4 Momentum dan Energi Kinetik dalam Tumbukan Satu Dimensi

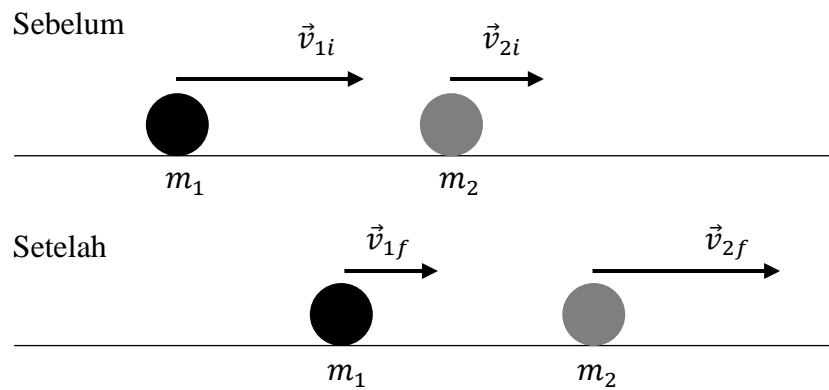
Dari penjelasan sebelumnya, Halliday *et al.* (2010) menyatakan bahwa momentum total \vec{p} tidak dapat berubah karena tidak ada gaya luar untuk mengubahnya. Aturan tersebut sangat berguna karena dapat memungkinkan kita untuk menentukan nilai hasil tumbukan tanpa mengetahui berapa besar kerusakan yang terjadi. Misal, ada dua benda saling bertumbukan, apabila total energi tidak berubah, maka energi kinetik sistem adalah terkonservasi. Energi kinetik sistem sebelum dan setelah tumbukan adalah sama, maka tumbukan tersebut disebut tumbukan lenting sempurna. Apabila sejumlah energi selalu ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, maka energi kinetik sistem tidak terkonservasi. Tumbukan semacam itu disebut tumbukan lenting sebagian. Tumbukan tidak elastik dari dua buah benda selalu melibatkan adanya kehilangan energi kinetik dari sistem. Kehilangan energi tersebut terjadi apabila kedua benda menyatu. Dalam hal ini, tumbukan disebut tidak lenting sama sekali.

1. Tumbukan Lenting Sempurna

Dalam tumbukan ini, dapat diperkirakan energi total benda yang bertumbukan tidak dipindahkan ke bentuk energi lainnya. Energi kinetik dari setiap benda yang bertumbukan bisa berubah, tetapi energi kinetik total sistem tidak berubah ($E_k = E_k'$). Besar koefisien restitusi (e) pada tumbukan lenting sempurna adalah 1. Koefisien restitusi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan

$$e = \frac{-\Delta \vec{v}'}{\Delta \vec{v}} = \frac{-(\vec{v}_2' - \vec{v}_1')}{\vec{v}_2 - \vec{v}_1} \quad (2-22)$$

Peristiwa tumbukan lenting sempurna sebelum dan setelah terjadi tumbukan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tumbukan Lenting Sempurna

Kedua benda membentuk sebuah sistem yang tertutup dan terisolasi, maka berlaku hukum kekekalan momentum. Berdasarkan persamaan (2-21), persamaan peristiwa tumbukan lenting sempurna dapat ditulis

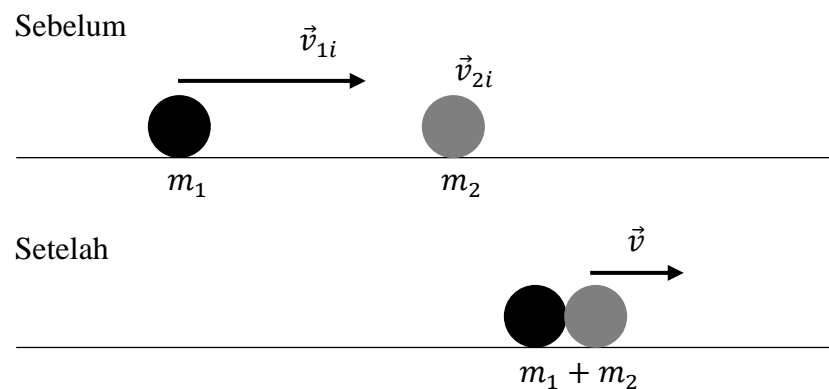
$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2' \quad (2-23)$$

2. Tumbukan Lenting Sebagian

Kebanyakan peristiwa tumbukan yang terjadi adalah tumbukan lenting sebagian. Dalam tumbukan ini, energi kinetik total benda yang bertumbukan dipindahkan ke bentuk energi lainnya. Besar koefisien restitusi (e) yaitu $0 < e < 1$.

3. Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali

Peristiwa tumbukan tidak lenting sama sekali dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa benda 2 sebelum tumbukan berada pada keadaan diam. Setelah tumbukan, benda saling menempel dan bergerak dengan kecepatan \vec{v} . Dengan demikian, persamaan peristiwa tumbukan tidak lenting sama sekali dapat ditulis

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v} \quad (2-24)$$

2.5 Alat Peraga Fisika Materi Momentum Linier

Beberapa alat peraga Fisika materi momentum linier telah dikembangkan oleh para peneliti untuk menghadirkan secara nyata fenomena-fenomena Fisika, sehingga tujuan dari pembelajaran Fisika dapat tercapai.

2.5.1 Alat Peraga Momentum Berbasis Atmega16 dengan Sistem Sensor

Alat praktikum momentum menggunakan sensor yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran materi momentum dikembangkan oleh Asy'ari *et al.* (2019). Alat peraga yang dikembangkan dapat membuktikan hukum kekekalan momentum.

Uji coba alat peraga dilakukan tiga kali dengan massa dan jarak tetap. Dalam uji coba ini, uji validitas alat berdasarkan persamaan momentum alat terkait tumbukan. Hasil yang diperoleh cukup signifikan dengan momentum rata-rata sebelum tumbukan 11,11 kg.m/s dan momentum total rata-rata setelah tumbukan adalah 8,7 kg.m/s.

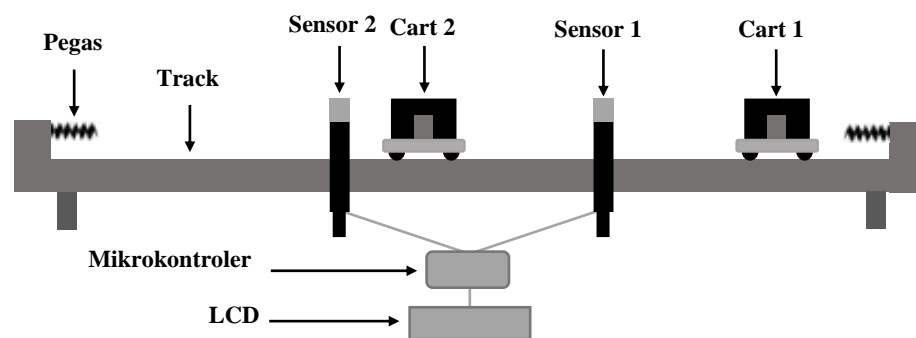
Alat peraga ini merupakan alat pengukur waktu, tetapi dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjelaskan konsep momentum. Alat peraga yang merupakan alat pengukur waktu sendiri tidak dapat diuji secara langsung untuk validitas, sehingga sebagai solusi untuk mengetahui alat peraga sesuai dengan konsep tumbukan, uji coba kesesuaian alat peraga dengan konsep momentum dilakukan.

Konsep tumbukan pertama adalah bahwa momentum total awal suatu objek sama dengan momentum total akhir objek tersebut. Konsep ini sering dikenal sebagai hukum kekekalan momentum. Akan tetapi, dalam kehidupan nyata, tidak dapat ditemukan momentum yang benar-benar kekal atau abadi, dengan alat peraga momentum. Hasil yang diperoleh, momentum awal rata-rata dari total objek adalah 11,1 kg.m/s dan momentum akhir rata-rata dari total objek adalah 8,7 kg.m/s. Hasil

ini menunjukkan bahwa momentum total awal lebih besar atau tidak sama dengan momentum akhir, artinya tumbukan yang terjadi adalah tumbukan parsial. Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan hasil antara momentum total awal dan momentum total akhir yaitu lintasan yang tidak rata, hambatan saat mobil bergesekan dengan lintasan, gesekan antara mobil dan lintasan penghalang, serta sensor.

2.5.2 Kit Percobaan Kekekalan Momentum Berbasis Mikrokontroler

Kit percobaan ini dikembangkan dengan tujuan memberikan gambaran secara simulasi kepada praktikan untuk lebih memahami materi tumbukan. Kit terdiri atas komponen mekanik berupa lintasan sepanjang 2 m, *cart*, dan komponen elektrik berupa rangkaian sensor fotodiode, serta *hardware* mikrokontroler arduino.



Gambar 2.6 Kit Percobaan Kekekalan Momentum Berbasis Sensor

Kit percobaan kekekalan momentum dirancang untuk mengambil data waktu (*passing time*) dari *cart* yang melintasi sensor fotodiode. Data waktu yang diukur berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, selanjutnya diolah menjadi data kecepatan, momentum, dan energi kinetik. Pengambilan data pada percobaan ini dilakukan dengan menggunakan tiga manipulasi kit percobaan yaitu kit PASCO, kit gabungan (*cart* PASCO dengan menggunakan sensor dan lintasan dari kit yang telah dibuat), dan kit percobaan kekekalan momentum yang telah dibuat.

Berdasarkan data yang diperoleh, pada percobaan tumbukan lenting sempurna diperoleh persentase perbedaan momentum minimal pada tumbukan lenting sempurna sebesar 12% dan maksimal 27% dengan menggunakan kit yang telah dibuat. Perbedaan energi kinetik minimal sebesar 22% dan maksimal 48%,

sehingga menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan. Dari data yang diperoleh kit percobaan, belum berhasil membuktikan baik hukum kekekalan momentum maupun hukum kekekalan energi kinetik pada tumbukan lenting sempurna. Meskipun demikian, kit yang telah dibuat menghasilkan data konsisten dalam setiap percobaannya.

Pada percobaan tumbukan tidak lenting menggunakan kit yang telah dirancang, diperoleh perbedaan momentum signifikan yaitu sebesar 8% dan maksimalnya 18%. Perbedaan energi kinetik minimalnya lebih dari 50%. Dapat diartikan bahwa energi kinetik setelah tumbukan menghilang setengahnya. Hal ini membuktikan tidak berlakunya hukum kekekalan energi kinetik pada tumbukan tidak lenting (Mughny & Rahmawati, 2016).

2.5.3 Alat Peraga Tumbukan Induktif Tidak Lenting Sama Sekali

Pengembangan alat peraga ini bertujuan memperluas pemahaman peserta didik mengenai energi pada tumbukan. Peserta didik diberi kesempatan untuk mengeksplorasi tumbukan secara nyata baik melalui pendekatan konseptual maupun matematis. Alat peraga yang dikembangkan terdiri atas dua nirkabel *Smart Carts7* dan *track* aluminium dari PASCO Scientific, magnet, perlengkapan tembaga, dan *hardware*. Percobaan ini juga dapat dilakukan dengan menggunakan *venier dynamics cart* dan *motion encoder*. Dengan peralatan sederhana, peserta didik dapat mengeksplorasi secara terperinci interaksi gaya dan gerakan dari tumbukan tidak lenting sama sekali yang ditunjukkan dalam video gerakan lambat.

Tumbukan yang dianalisis pada penelitian ini, kereta insiden yang dipasangi tabung tembaga mendekati kereta target seperti pada Gambar 2.7. Kereta target semula diam dan memiliki dua magnet berbentuk cakram yang melekat padanya. Ketika kedua kereta menjadi cukup dekat, tabung tembaga yang melekat pada kereta insiden menutup magnet pada kereta target, sehingga kereta target mulai bergerak dan kereta insiden melambat. Akhirnya, kedua kereta bergerak bersama dengan kecepatan yang sama. Apabila tabung dan magnet disejajarkan dengan benar serta kereta insiden tidak bergerak terlalu cepat, kedua kereta tidak akan

pernah melakukan kontak fisik selama tumbukan ini. Peristiwa tumbukan pada alat peraga ini memanfaatkan hukum Lenz.



Gambar 2.7 Set Percobaan Tumbukan Induktif Tidak Lenting Sama Sekali

Teknik yang disajikan pada penelitian ini menghasilkan tumbukan tidak lenting sama sekali dengan durasi relatif lama (0,2 s). Peserta didik dapat mengumpulkan 100 pengukuran gaya yang berbeda dan 40 pengukuran posisi selama tumbukan. Hal tersebut memberi informasi kepada peserta didik mengenai gaya dan gerakan selama tumbukan, tidak hanya sebelum dan setelah tumbukan (Seeley, 2018).

2.6 Panduan Penggunaan Alat Peraga

Buku panduan atau pedoman (manual) merupakan buku yang banyak dicari pengguna dalam memberi petunjuk atau informasi mengenai suatu masalah (Saleh & Sujana, 2010). Peran dari buku tersebut dalam dunia pendidikan maupun di kehidupan sehari-hari yaitu sama-sama memberikan informasi mengenai sebuah petunjuk, guna memberikan solusi dari masalah yang ada. Panduan penggunaan alat peraga merupakan bentuk dari suatu jenis media berbentuk cetak yang dapat membantu pengguna dalam memberikan informasi mengenai sebuah petunjuk penggunaan suatu alat peraga.

2.7 Lembar Kerja Praktikum

Lembar kerja praktikum merupakan suatu bahan ajar berupa lembar kerja peserta didik yang dibuat khusus untuk digunakan dalam kegiatan praktikum (Astuti & Setiawan, 2013). Lembar kerja praktikum secara umum berupa lembar

kegiatan yang tersusun secara sistematis dan berisi informasi yang berkaitan dengan kegiatan praktikum yang akan dilaksanakan.

2.7.1 Tujuan Lembar Kerja Praktikum

Menurut Prastowo (2012), pembuatan lembar kerja praktikum bertujuan mengaktifkan peserta didik, mempermudah peserta didik untuk memahami materi yang diberikan, sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih, serta memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

2.7.2 Manfaat Lembar Kerja Praktikum

Peran lembar kerja praktikum sangat besar dalam proses pembelajaran karena dapat meningkatkan aktivitas peserta didik dalam belajar dan penggunaannya dalam pembelajaran dapat membantu pendidik untuk mengarahkan peserta didiknya menemukan konsep-konsep melalui aktivitasnya sendiri. Penggunaan lembar kerja praktikum dalam proses pembelajaran dapat mengoptimalkan hasil belajar serta mengembangkan keterampilan proses, meliputi kemampuan mengumpulkan informasi, mengolah informasi, memanfaatkan informasi, dan mengomunikasikan hasil (Prastowo, 2012).

2.7.3 Syarat Lembar Kerja Praktikum

Keberadaan lembar kerja praktikum memberikan pengaruh yang besar dalam proses pembelajaran, sehingga penyusunan lembar kerja praktikum harus memenuhi berbagai persyaratan. Pramita *et al.* (2014) menyebutkan tiga syarat lembar kerja praktikum dinyatakan layak, yaitu syarat didaktik, konstruksi, dan teknis.

1. Syarat didaktik berkaitan dengan terpenuhinya asas-asas pembelajaran efektif dalam suatu lembar kerja praktikum. Syarat didaktik lebih menekankan pada proses untuk menemukan konsep, serta terdapat variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik.
2. Syarat konstruksi berkaitan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan dalam lembar kerja praktikum.

3. Syarat teknis menekankan penyajian lembar kerja praktikum, berupa tulisan, gambar, dan penampilan.

Menurut Badan Standar Nasional (BSNP) (2014), terdapat beberapa aspek yang harus ada dalam pengembangan lembar kerja, meliputi aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan. Indikator kelayakan pengembangan lembar kerja disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indikator Kelayakan Lembar Kerja

No.	Aspek	Indikator
1.	Kelayakan isi	Materi yang disajikan sesuai kompetensi
		Memiliki tujuan pembelajaran yang jelas
		Keakuratan fakta dalam penyajian materi
		Kebenaran konsep dalam penyajian materi
2.	Kebahasaan	Keinteraktifan komunikasi
		Ketepatan struktur kalimat
		Keterbakuan istilah yang digunakan
		Ketepatan tata bahasa sesuai kaidah Bahasa Indonesia
3.	Penyajian	Konsistensi penulisan nama ilmiah atau asing
		Keruntutan konsep
		Penyertaan rujukan atau sumber acuan dalam penyajian teks, tabel, gambar, dan lampiran
		Kelengkapan identitas tabel, gambar, dan lampiran
		Ketepatan penomoran dan penamaan tabel, gambar, dan lampiran

Diadaptasi dan dimodifikasi dari sumber BSNP (2014), Azmi *et al.* (2018) menyatakan penilaian kelayakan lembar kerja praktikum ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penilaian Kelayakan Lembar Kerja Praktikum

No.	Komponen	Aspek
1.	Kesesuaian dengan syarat didaktik, isi, atau materi	Kesesuaian dengan materi
		Kebenaran konsep
		Penyajian menuntut peserta didik belajar aktif
		Penekanan pada keterampilan proses
2.	Aspek konstruksi	Penggunaan bahasa yang tepat
		Penggunaan kalimat yang tepat
		Pertanyaan dalam lembar kerja praktikum
		Kegiatan atau percobaan dalam lembar kerja praktikum
		Lembar kerja praktikum menyediakan ruang untuk peserta didik menuliskan hasil kegiatan atau percobaan
		Memiliki tujuan belajar yang jelas
3.	Kesesuaian dengan syarat teknis	Penampilan lembar kerja praktikum
		Konsistensi tulisan yang digunakan
		Penggunaan gambar yang tepat

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Perangkat alat peraga momentum linier benda yang tidak saling kontak telah berhasil dikembangkan. Perangkat alat peraga terdiri atas alat peraga, panduan penggunaan alat peraga, dan lembar kerja praktikum menggunakan alat peraga. Karakteristik alat peraga momentum linier benda yang tidak saling kontak dari bentuk tampilannya yaitu penambahan magnet *neodymium* pada bagian depan masing-masing benda (kereta *Air Track* PMK 145) yang akan bertumbukan, sedangkan secara fungsional alat peraga yang dikembangkan memiliki fungsi sebagai alat peraga yang menunjukkan fenomena kekekalan momentum linier pada peristiwa tumbukan.
2. Berdasarkan uji kelayakan yang dilakukan oleh validator, perangkat alat peraga momentum linier benda yang tidak saling kontak layak untuk digunakan sebagai perangkat alat peraga Fisika. Penilaian oleh validator untuk alat peraga dan panduan penggunaan alat peraga memperoleh nilai sebesar 94,8% dengan kategori sangat layak. Penilaian oleh validator untuk lembar kerja praktikum menggunakan alat peraga memperoleh nilai sebesar 92,9% dengan kategori sangat layak. Hasil tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan perangkat alat peraga memperoleh nilai sebesar 90,65% yang termasuk dalam kriteria sangat tinggi.

5.2 Saran

Saran yang diberikan terkait penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Supaya dapat diketahui interval waktu tumbukan dalam penelitian, perangkat dapat dilengkapi dengan sensor atau dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak Tracker.

2. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada perangkat, sehingga variasi nilai kecepatan awal dapat diatur.
3. Dapat dilakukan variasi medan magnet dalam penelitian, supaya menambah variasi data praktikum.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto, E. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Alat Peraga pada Materi Hukum Biot Savart di SMA Negeri 1 Prambanan Klaten. *JRKPF UAD*, 2(1):20-24.
- Arikunto, S. 2013. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Astuti, Y., & Setiawan, B. 2013. Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Pendekatan Inkuiri Terbimbing dalam Pembelajaran Kooperatif pada Materi Kalor. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1):88-92.
- Asy'ari, H., Sitepu, R. B., Hartono, & Supriyadi. 2019. Development of Props Atmega 16 Based Momentum with Sensor System. *Journal of Curriculum Indonesia*, 2(2):36-40.
- Azmi, N., Prastowo, P., & Maslena. 2018. Analisis Kesesuaian Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Biologi Kelas X yang Digunakan MAN Rantaurapat Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Pelita Pendidikan*, 6(2):65-70.
- BSNP. 2014. *Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran Tahun 2014*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan.
- Fatkhulloh, 2012. *Penentuan Koefisien Restitusi Menggunakan Video Based Laboratory dan Logger Pro 3.84*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2 Juni.
- Fauzi, A., & Radiyono, Y. 2013. Pengembangan Bahan Ajar Fisika Dasar 1 Berbasis Spreadsheet dengan Pendekatan Analitik dan Numerik. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 1(1):15-21.
- Fuada, S. 2015. *Pengujian Validitas Alat Peraga Pembangkit Sinyal (Oscillator) untuk Pembelajaran Workshop Instrumentasi Industri*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan "Inovasi Pembelajaran untuk Pendidikan Berkemajuan".
- Gunawan, Harjono, A., & Sahidu, H. 2019. Pelatihan Penyusunan Perangkat Pembelajaran Inovatif Bagi Guru Madrasah di Kota Mataram. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2(2):275-282.

- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2011. *Fundamental of Physics 9th Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Hamid, A. A. 2011. *Pembelajaran Fisika di Sekolah: “Apa dan Bagaimana Pendekatan Generik dan Metode Iqra’ Dilaksanakan dalam Pembelajaran Fisika?”*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hartati, B. 2010. Pengembangan Alat Peraga Gaya Gesek untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika* 6:128-132.
- Khader, W. A. 2017. *Momentum and Impulse: Chapter Eleven*. Amman: University of Jordan.
- Kholida, L., & Latief, L. D. E. 2017. Investigation of Linear Momentum and Impulse Using Video Analysis. *Advances in Social Science, Education, and Humanities Research*, 176-179.
- Kaniawati, I., Samsudi, Y., Hasopa, Y., Sutrisno A. D., & Suhendi, E. 2016. The Influence of Using Momentum and Impulse Computer Simulation to Senior High School Students’ Concept Mastery. *Journal of Physics: Conference Series* 739.
- Kurniawan, Y. 2018. Investigation of the Misconception in Newton Law. *JRPKF UAD*, 5(1):17-21.
- Mughny, A. A., & Rahmawati, E. 2016. Rancang Bangun Kit Percobaan Konservasi Momentum Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 5(3):9-14.
- Mundilarto. 2010. *Penilaian Hasil Belajar Fisika*. Yogyakarta: Pusat Pengembangan Instruksional Sains.
- Naryanto, R. F., Setiarso, R., & Ramelan. 2014. Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Secara Radiasi dengan Variasi Material Spesimen Uji. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 3(2):107-114.
- Pinheiro, M. J. 2011. On Newton’s Third Law and its Symmetry-Breaking Effects. *Physica Scripta*, 84(5).

- Pramita, A. D., Kuswanti, N., & Indana, S. 2014. Validitas LKS Berbasis Model Learning Cycle 5-E pada Materi Sistem Pencernaan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 3(3):375-381.
- Prastowo, A. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar*. Yogyakarta: Diva Press.
- Prihatiningtyas, S., & Putra, I. A. 2018. Efektivitas Penggunaan Alat Peraga Sederhana Berbasis Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2):102-107.
- Purwanti, S., & Yudhiakto, P. 2014. *Penentuan Koefisien Restitusi Dua Bola dengan Analisis Tracker*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng dan DIY, Yogyakarta, 26 April.
- Putra, M. I. S., Widodo, W., & Jatmiko, B. 2016. The Development of Guided Inquiry Science Learning Materials to Improve Science Literacy Skill of Prospective MI Teachers. *JPII*, 5(1):83-93.
- Rogers, E. M. 2011. *Physics for the Inquiring Mind: The Methods, Nature, and Philosophy of Physical Science*. New Jersey: Pricenton University Press.
- Rositawati, D. N. 2018. *Pendalaman Materi Fisika: Momentum, Impuls, dan Tumbukan*. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Saepuzaman, D. & Yustiandi. 2017. Pengembangan Alat Peraga dan Lembar Kerja Percobaan Penentuan Koefisien Restitusi untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa Bereksperimen. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2):145.
- Saleh, A. R., & Sujana, J. G. 2010. *Pengantar Kepustakaan*. Jakarta: Sagung Seto.
- Saleh, H. I., B., N., & Jumadi, O. 2015. Pengaruh Penggunaan Media Alat Peraga Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Peredaran Darah Kelas VIII SMP Negeri 2 Bulukumba. *Jurnal Sainsmat*, 4(1):7-13.
- Saphet, P., Tong-on, A., & Thepnurat, M. 2017. One Dimensional Two-Body Collisions Experiment based on LabVIEW Interface with Arduino. *Journal of Physics: Conf. Series 901*.

- Seeley, L. 2018. Colliding Without Touching: Usings Magnets and Copper Pipe Fittings to Explore the Energetics of A Completely Inelastic Collision. *American Journal of Physics*, 86(9):713-717.
- Sudijono, A. 2011. *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Sudjana, N., & Rivai, A. 2010. *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru.
- Sudjana, N. 2014. *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian dan Pengembangan Research and Development*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Sundayana, R. 2015. *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sutarto, Wardhany, R. P. K., & Subiki. 2014. Media Video Kejadian Fisika dalam Pembelajaran Fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*.
- Wijaya, P. A., Chong, W. L., Enjang, J. M. 2015. *Rancang Bangun Alat Eksperimen Momentum dan Tumbukan*. Prosiding Seminar Kontribusi Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 16-17 Desember.
- Wulantri, & Ali, S. 2018. Pengembangan Alat Peraga Fisika Materi Induksi Elektromagnetik di Kelas XII SMA. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 1(3):179-185.