

**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM *FREE-FALL MOTION*
BERBANTUAN SENSOR *OBSTACLE* UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS**

(Skripsi)

Oleh

**KRESENSIA SYFHA MARLITA
NPM 2113022044**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM *FREE-FALL MOTION* BERBANTUAN SENSOR *OBSTACLE* UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS

Oleh

KRESENSIA SYFHA MARLITA

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* yang dapat digunakan dalam pembelajaran materi gerak jatuh bebas di sekolah, serta untuk melatih keterampilan proses sains peserta didik. Penelitian ini menggunakan jenis *Design Development and Research* (DDR) yang terdiri atas tiga tahap, yaitu analisis, desain dan pengembangan, dan evaluasi. Sebelum digunakan di lapangan, alat praktikum terlebih dahulu diuji kelayakannya. Uji kelayakan dilakukan melalui tiga tahap, yaitu uji validitas, uji kepraktisan, dan uji keefektifan. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa alat praktikum memperoleh persentase sebesar 85% dengan kategori sangat valid. Kepraktisan alat praktikum diuji melalui dua aspek, yaitu respon pengguna dan uji keberfungsian. Hasil uji repon pengguna memperoleh persentase sebesar 84% dan uji keberfungsian memperoleh persentase sebesar 91%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa alat praktikum tergolong sangat praktis. Sementara itu, uji keefektifan menghasilkan persentase sebesar 84% dengan kategori sangat efektif. Berdasarkan ketiga uji kelayakan tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat praktikum ini layak digunakan dalam pembelajaran materi gerak jatuh bebas di sekolah, serta efektif dalam melatih keterampilan proses sains peserta didik.

Kata kunci: Alat Praktikum, Gerak Jatuh Bebas, Sensor *Obstacle*, Keterampilan Proses Sains.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SENSOR-ASSISTED FREE-FALL MOTION PRACTICUM TOOL TO TRAIN SCIENCE PROCESS SKILLS

By

KRESENSIA SYFHA MARLITA

This research aims to develop a free-fall motion practicum tool assisted by obstacle sensors that can be used in learning free-fall motion materials in schools, as well as to train students' science process skills. This research uses the type of Design Development and Research (DDR) which consists of three stages, namely analysis, design and development, and evaluation. Before being used in the field, practicum tools are first tested for feasibility. The feasibility test is carried out through three stages, namely the validity test, the practicality test, and the effectiveness test. The results of the validity test showed that the practicum tool obtained a percentage of 85% with a very valid category. The practicality of the practicum tool is tested through two aspects, namely user response and functional test. The results of the user response test obtained a percentage of 84% and the functional test obtained a percentage of 91%. Both results show that the practicum tool is very practical. Meanwhile, the effectiveness test produced a percentage of 84% in the category of very effective. Based on these three feasibility tests, it can be concluded that this practicum tool is suitable for use in learning free-fall materials in schools, as well as effective in training students' science process skills.

Keywords: *Practicum Tools, Free Fall Motion, Obstacle Sensor, Skills
Science Process.*

**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM *FREE-FALL MOTION*
BERBANTUAN SENSOR *OBSTACLE* UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS**

Oleh

KRESENSIA SYFHA MARLITA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM
FREE-FALL MOTION BERBANTUAN
SENSOR OBSTACLE UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS**

Nama Mahasiswa : **Kresensia Syfha Marlita**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2113022044**

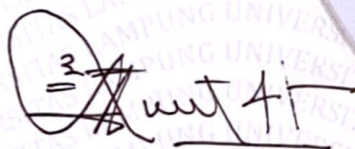
Program Studi : **Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

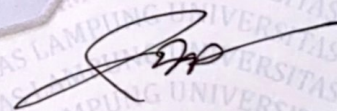
Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. Komisi Pembimbing

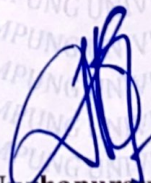


Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 19650616 199102 2 001



B. Anggit Wicaksono, S.Pd., M.Si.
NIP 19910202 202506 1 007

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

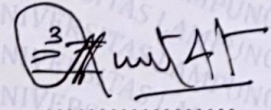


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

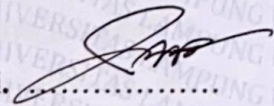
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

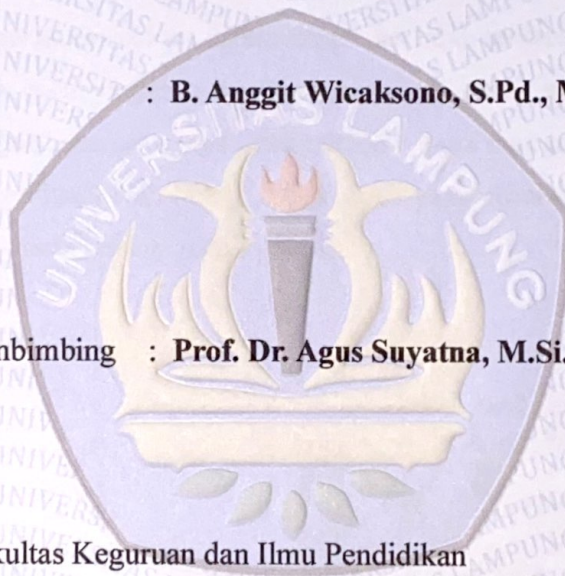
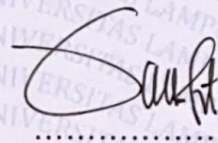
Ketua : **Dr. Kartini Herlina, M.Si.**



Sekretaris : **B. Anggit Wicaksono, S.Pd., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 Juni 2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kresensia Syfha Marlita

NPM : 2113022044

Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA

Program Studi : Pendidikan Fisika

Alamat : Raman Utara, Kab. Lampung Timur, Prov. Lampung.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 20 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,



Kresensia Syfha Marlita
NPM 2113022044

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Kresensia Syfha Marlita, dilahirkan di Raman Endra pada tanggal 09 Maret 2003 sebagai anak pertama dari empat bersaudara, putri dari Bapak Apri Eko Purnomo dan Ibu Fransiska Haryuni. Penulis mengawali pendidikan formal di TK Pertiwi pada tahun 2008, kemudian melanjutkan ke SD Negeri 1 Kota Raman dan lulus pada tahun 2015, SMP Negeri 1 Raman Utara dan lulus pada tahun 2018, serta SMA Negeri 1 Raman Utara dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) dengan peran sebagai anggota Divisi *Media Center* periode 2021–2022 dan sebagai sekretaris Divisi *Media Center* periode 2023. Pada tahun 2024, penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Canti, Kec. Rajabasa, Kab. Lampung Selatan, serta Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di MAS Al-Khairiyah, Kab. Lampung Selatan secara bersamaan.

MOTTO

“Lakukanlah segala pekerjaanmu dalam kasih”

(1 Korintus 16:14)

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku”

(Filipi 4:13)

“Tetaplah berjalan meski dalam jarak dan waktu yang belum kau ketahui”

(Kresensia Syfha Marlita)

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan dan berkat karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mempersembahkan karya tulis ini dengan kerendahan hati sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda bakti tulus kepada:

1. Cinta pertama dan panutan penulis, Bapak Apri Eko Purnomo. Dengan hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang paling dalam atas doa dan dukungan, cinta dan kasih sayang, tulusnya pengorbanan dan perjuangan, serta nasihat dan motivasi yang tak henti terucap, hingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan yang ditempuh.
2. Pintu surga dan sumber doa penulis, Ibu Fransiska Haryuni. Terima kasih atas doa yang tak henti mengalir. Mustahil penulis dapat melewati masa sulit tanpa doa dari Ibu. Terima kasih atas perjuangan panjang dalam membesarkan dan merawat penulis dengan tulus dan penuh kasih sayang.
3. Adik tersayang penulis, Cornelius Vollen Natanael, Genoveva Nastusha Azallea, dan Stefanus Senja Ryupatra. Terima kasih atas penghiburan dan doa yang telah diberikan kepada penulis.
4. Seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat dan motivasi.
5. Teman-teman Pendidikan Fisika 2021 yang telah menjadi bagian cerita indah dan memberi pengalaman terbaik selama perkuliahan terkhusus kelas Bernoulli *the Best Ever*.
6. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
7. Almamater tercinta, Universitas Lampung.
8. Keluarga besar SMAN 1 Raman Utara, khususnya kelas XI 5, yang telah memberi banyak bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;

9. Sahabat seperjuangan, Debora Ayu Lestari Sianturi, Najwa Shafa Nadira, Nia Mar'ayuni, Vera Yunita, yang selalu bersama dalam suka dan duka, dalam tangis dan tawa. Terima kasih telah memberi bantuan, dukungan, motivasi, doa serta dengan ikhlas menjadi tumpuan dan pendengar yang baik bagi penulis.
10. Aye-aye (Dela, Arlis, Rani, Sasya, Muba, Selita) yang telah memberikan semangat, motivasi, serta penghiburan kepada penulis.
11. Teman-teman KKN dan PLP Desa Canti (Unul, Ulan, Naila, Santi, Pina, Tari, Anin, Figo, Herwan) yang telah kebersamai dan memberikan semangat kepada penulis selama KKN dan PLP hingga saat ini.
12. Kepada orang terkasih yang tidak dapat penulis sebutkan namanya, seseorang yang telah banyak memberikan nasihat dan motivasi, serta penghiburan di saat penulis hampir menyerah dalam perkuliahan ini. Terima kasih atas kebahagiaan yang singkat, namun dapat menjadi penguat bagi penulis untuk terus maju dan berproses menjadi pribadi yang lebih baik, lebih dewasa, mandiri, serta tegas dengan pendirian dan lebih menyayangi diri sendiri.
13. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri, Kresensia Syfha Marlita. Terima kasih karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah ketika jalan di depan terasa gelap, ketika keraguan datang silih berganti, dan ketika langkah terasa berat untuk dilanjutkan. Terima kasih karena tetap memilih untuk melanjutkan langkah demi langkah, walau sering kali tidak tahu pasti kemana arah akan membawa. Terima kasih karena telah menjadi teman paling setia bagi diri sendiri, hadir dalam sunyi, dalam lelah, dalam diam yang penuh tanya. Terima kasih karena sudah mempercayai proses, meski harus menghadapi kegagalan dan kebingungan. Terima kasih karena tetap jujur pada rasa takut, namun tidak membiarkan rasa takut itu membatasi langkah. Karena keberanian bukanlah ketiadaan rasa takut, melainkan keinginan untuk tetap melangkah meski jarak dan waktu yang belum diketahui. Sekali lagi terima kasih karena berani memilih, memilih untuk mencoba, memilih untuk belajar, memilih untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.

SANWACANA

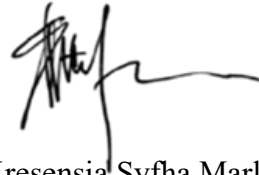
Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan dan berkat karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “*Pengembangan Alat Praktikum Free-Fall Motion Berbantuan Sensor Obstacle untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains*” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Lampung.

Peneliti menyadari bahwa terdapat bantuan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung;
4. Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung;
5. Dr. Kartini Herlina, M.Si. selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing I, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan bimbingan, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
6. B. Anggit Wicaksono, M.Si. selaku pembimbing II, atas kesediaan memberikan bimbingan, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
7. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. selaku dosen pembahas, atas kesediaan memberikan bimbingan, kritik dan saran kepada penulis;

8. Dimas Permadi, M.Pd., Hanifah Zakiya, M.Pd., dan I Nengah Rudi, S.Pd. selaku validator produk atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberi bimbingan, kritik, saran, semangat, dan motivasi kepada penulis;
9. Dosen serta Staf Program Studi Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung;

Bandar Lampung, 26 Juni 2025
Penulis,



Kresensia Syfha Marlita
NPM 2113022044

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Teori.....	8
2.1.1 Media Pembelajaran.....	8
2.1.2 Keterampilan Proses Sains.....	10
2.1.3 <i>Hands-on Activity</i>	14
2.1.4 <i>Minds-on Activity</i>	15
2.1.5 <i>Sensor Obstacle</i>	16
2.1.6 Gerak Jatuh Bebas.....	18
2.1.7 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Proses Sains	22
2.2 Penelitian yang Relevan.....	23
2.3 Kerangka Pemikiran.....	26
2.4 Model Hipotetik Rangkaian Alat Praktikum.....	30
III. METODE PENELITIAN	32
3.1 Desain Penelitian Pengembangan	32
3.2 Prosedur Penelitian.....	33
3.2.1 Studi Analisis	33
3.2.2 Desain dan Pengembangan	34
3.2.3 Evaluasi.....	39
3.3 Instrumen Penelitian.....	41
3.3.1 Angket Analisis Kebutuhan.....	41
3.3.2 Angket Kevalidan Produk	43
3.3.3 Angket Kepraktisan Produk	45
3.4 Teknik Analisis Data	48
3.4.1 Analisis Data Uji Validitas	48
3.4.2 Analisis Data Uji Kepraktisan.....	49

3.4.3 Analisis Data Uji Efektifitas	50
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil Penelitian	52
4.1.1 Produk Desain dan Pengembangan.....	52
4.1.2 Hasil Evaluasi.....	53
4.2 Pembahasan.....	59
4.2.1 Kevalidan Alat Praktikum.....	59
4.2.2 Kepraktisan Alat Praktikum	63
4.2.3 Keefektifan Alat Praktikum untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains.....	64
V. KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator Keterampilan Proses Sains	12
2. Penelitian yang Relevan.....	24
3. Komponen pada Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas	36
4. Kisi-kisi Angket Guru pada Analisis Kebutuhan	41
5. Kisi-kisi Angket Peserta Didik pada Analisis Kebutuhan.....	42
6. Kisi-kisi Angket Validasi Produk Alat Praktikum.....	43
7. Skala Likert pada Angket Uji Validitas	45
8. Kisi-kisi Angket Respon Pengguna.....	46
9. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan.....	47
10. Kisi-kisi Angket Keberfungsian	47
11. Konversi Skor Penilaian Uji Validitas.....	48
12. Konversi Skor Uji Kepraktisan	49
13. Konversi Skor Penilaian Uji Keberfungsian	50
14. Konversi Skor Kategori Penilaian Keterampilan Proses Sains.....	51
15. Hasil Uji Validitas	53
16. Uji Empiris Pengaruh Massa Benda Terhadap Waktu	54
17. Uji Empiris Pengaruh Ketinggian Terhadap Waktu	54
18. Hasil Uji Respon Pengguna	56
19. Keberfungsian Alat Praktikum	57
20. Hasil Uji Keefektifan Produk Alat Praktikum	58
21. Saran dan Masukan oleh Validator.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sensor <i>Obstacle</i>	17
2. Grafik (v-t) dengan percepatan $a = \tan \theta$	19
3. Menentukan Perpindahan.....	19
4. Grafik (a - t) untuk GLBB.....	20
5. (a) Grafik (x-t) untuk GLBB dipercepat, (b) Grafik (x-t) untuk GLBB diperlambat.....	21
6. Kerangka Pemikiran.....	29
7. Kerangka Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.....	30
8. Rangkaian Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.	30
9. Prosedur Penelitian DDR.	33
10. Rancangan Desain Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.....	35
11. Rangkaian Bagian Sensor <i>Obstacle</i> pada Alat Praktikum.	35
12. Prosedur Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.	37
13. Diagram Alur Penelitian dan Pengembangan.	40
14. Tampilan Alat Praktikum <i>Free-Fall Motion</i> Berbantuan Sensor <i>Obstacle</i>	52
15. Alat Praktikum Sebelum Perbaikan.	62
16. Alat Praktikum Sesudah Perbaikan.....	62
17. Peserta Didik Mengamati Video Fenomena Secara Berkelompok.	65
18. Contoh Jawaban Peserta Didik pada Indikator Mengamati (a) Sebelum Diberikan Bimbingan, (b) Setelah Diberikan Bimbingan.....	66
19. Contoh Jawaban Peserta Didik pada Indikator Menentukan Variabel (a) Sebelum Diberikan Bimbingan, (b) Setelah Diberikan Bimbingan.....	67
20. Contoh Jawaban Peserta Didik pada Indikator Menentukan Hipotesis (a) Sebelum Diberikan Bimbingan, (b) Setelah Diberikan Bimbingan.....	69
21. Peserta Didik Melakukan Eksperimen Menggunakan Alat Praktikum yang Dikembangkan.	70
22. Contoh Jawaban Peserta Didik pada Indikator Menginterpretasikan Data (a) Sebelum Diberikan Bimbingan, (b) Setelah Diberikan Bimbingan.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	83
2. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik	85
3. Angket Analisis Kebutuhan Guru	89
4. Hasil Analisis Kebutuhan Guru.....	93
5. Angket Uji Validasi Produk	99
6. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Produk.....	104
7. Angket Uji Keberfungsian	105
8. Rekapitulasi Uji Keberfungsian	108
9. Angket Respon Pengguna	109
10. Hasil Uji Respon Pengguna	112
11. Rubrik Penilaian Keterampilan Proses Sains	113
12. Rekapitulasi Hasil Penilaian Keterampilan Proses Sains pada LKPD.....	114
13. Surat Balasan Penelitian.....	115
14. Dokumentasi Pembelajaran.....	116
15. LKPD Penunjang Pembelajaran.....	118

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan. Guru diharapkan tidak hanya memahami materi ajar, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran. Dalam konteks ini, kerangka *Technological, Pedagogical, and Content Knowledge* (TPACK) menjadi sangat penting. Menurut Mishra & Koehler (2006), TPACK adalah perpaduan antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten yang harus dimiliki oleh guru untuk menciptakan pembelajaran yang efektif. Dengan TPACK, guru dapat merancang pembelajaran yang tidak hanya memperhatikan isi materi, tetapi juga cara penyampaian yang didukung oleh teknologi.

Salah satu pendekatan yang relevan dengan TPACK adalah pembelajaran konstruktivis. Piaget (1972) menyatakan bahwa pembelajaran konstruktivis mengutamakan peserta didik membangun sendiri pengetahuannya melalui interaksi aktif dengan lingkungannya. Lingkungan pembelajaran multimedia dapat mendorong pembelajaran konstruktivis yang memungkinkan transfer prinsip-prinsip ilmiah dan matematika ke dalam pemecahan masalah (Mayer, 1999). Dalam hal ini, teknologi dapat berperan sebagai fasilitator untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendukung peserta didik dalam menemukan dan memahami konsep secara mandiri. Pada materi fisika seperti gerak jatuh bebas, pendekatan ini sangat bermanfaat karena peserta didik dapat mengamati

fenomena secara langsung melalui penggunaan teknologi dan media pembelajaran yang interaktif.

Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi merupakan upaya penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Media pembelajaran mampu meningkatkan keterlibatan dan motivasi peserta didik dalam proses belajar (Arsyad, 2019). Pada materi gerak jatuh bebas, penggunaan teknologi seperti sensor dan *LCD* dapat memberikan gambaran konkret tentang fenomena fisika tersebut. Hal ini memungkinkan peserta didik untuk lebih mudah memahami hubungan antara konsep teori dengan fenomena yang terjadi di dunia nyata.

Hakikat belajar dan mengajar adalah proses yang melibatkan interaksi antara guru dan peserta didik dalam upaya mencapai tujuan pembelajaran. Namun, banyak peserta didik yang mengalami kesulitan belajar dalam memahami konsep gerak jatuh bebas. Selain itu, teknologi yang belum optimal dalam pembelajaran dalam jaringan juga menjadi faktor penghambat peserta didik dalam memahami materi secara mendalam (Handayani, 2022). Untuk itu, diperlukan media dan alat praktikum yang dapat memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep gerak jatuh bebas secara lebih jelas dan mudah dipahami.

Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan di SMA yang berbeda, didapatkan sebanyak 31% peserta didik belum memahami materi gerak jatuh bebas karena pemahaman konsep yang masih kurang. Sebanyak 67% peserta didik menjawab pembelajaran gerak jatuh bebas dilakukan tanpa praktikum. Peserta didik lebih banyak menerima materi dari guru melalui ceramah, diskusi, tanya jawab, dan latihan soal. Sebanyak 55% peserta didik berpendapat bahwa akan lebih memahami konsep materi gerak jatuh bebas jika dalam kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan praktikum, bukan hanya pembelajaran di kelas dengan mendengarkan penjelasan materi oleh guru.

Hasil penyebaran angket kepada guru di sekolah menengah atas yang berbeda, responden menyatakan materi gerak jatuh bebas cukup sulit diajarkan karena peserta didik masih kurang dalam pemahaman konsep dasar materi tersebut. Terdapat 40% responden mengungkapkan bahwa faktor kesulitan dalam pembelajaran gerak jatuh bebas terletak pada keterbatasan sarana dan fasilitas praktikum. Dalam penyampaian materi, biasanya guru menggunakan media tambahan seperti video pembelajaran dan *powerpoint*. Karena kurangnya pengalaman dan proses sains dalam melakukan pembelajaran, keterampilan proses sains peserta didik belum terlatih secara maksimal. Guru memberikan pendapat bahwa keterampilan tersebut dapat terlatih apabila dalam proses pembelajaran terdapat kegiatan praktikum dengan dilengkapi alat praktikum. Selain itu, perlu adanya dukungan seperti penggunaan media yang berbasis teknologi agar pembelajaran dapat mengikuti perkembangan zaman yang ada.

TIK memiliki peran penting dalam modernisasi proses pembelajaran. Pentingnya penggunaan TIK dalam pembelajaran untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan interaktif (Huang *et al.*, 2020). Dengan memanfaatkan teknologi, peserta didik dapat terlibat secara aktif dalam pembelajaran dan memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna. Dalam hal ini, teknologi tidak hanya berperan sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai sarana yang memungkinkan peserta didik berinteraksi langsung dengan materi yang diajarkan.

Salah satu alasan utama penggunaan sensor dan teknologi dalam pembelajaran fisika adalah untuk memberikan data yang akurat dan *real-time*. Sensor dapat memberikan informasi langsung mengenai fenomena fisika yang sedang dipelajari, seperti gerak jatuh bebas (Akbar *et al.*, 2021). Data yang dihasilkan oleh sensor *obstacle* dapat membantu peserta didik memahami konsep percepatan gravitasi dengan lebih baik, karena mereka dapat melihat hasil pengukuran secara langsung melalui tampilan *LCD*.

Penggunaan teknologi dalam pembelajaran tidak hanya bertujuan untuk memudahkan pemahaman konsep, tetapi juga untuk melatih keterampilan proses sains. Setiawan *et al.* (2022) menjelaskan bahwa keterampilan proses sains seperti mengamati, mengukur, menganalisis, dan menyimpulkan dapat dikembangkan melalui pembelajaran berbasis teknologi. Dengan menggunakan alat praktikum berbasis sensor *obstacle* dan arduino, peserta didik dapat mengumpulkan data secara langsung, menganalisis hasilnya, dan mengambil kesimpulan berdasarkan pengamatan mereka sendiri, yang pada akhirnya meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep fisika.

Pengembangan alat praktikum berbasis sensor *obstacle* dengan arduino dan *LCD* menjadi sangat penting dalam konteks pembelajaran gerak jatuh bebas. Penggunaan teknologi semacam ini dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran karena peserta didik dapat memvisualisasikan konsep yang sulit dipahami dengan cara yang lebih mudah (Herlambang *et al.*, 2023). Alat praktikum ini juga memungkinkan peserta didik untuk melakukan eksperimen langsung yang membantu mereka mengaitkan teori dengan praktik, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Alat praktikum berbasis sensor *obstacle* ini merupakan pengembangan yang merujuk pada penelitian terdahulu oleh Rosdianto (2018). Dalam penelitian Rosdianto, alat praktikum tersebut mengukur waktu jatuh benda percobaan alat dengan manual menggunakan stopwatch. Alat praktikum yang dikembangkan peneliti menggunakan tambahan *LCD* sebagai komponen yang akan menampilkan keterbacaan waktu jatuh benda secara otomatis ketika melakukan praktikum menggunakan alat tersebut, sehingga alat praktikum akan menghasilkan data yang lebih akurat.

Berdasarkan latar belakang di atas, adanya kesenjangan dalam pemahaman peserta didik mengenai konsep gerak jatuh bebas yang disebabkan oleh metode pembelajaran yang lebih banyak bersifat pasif dan minimnya

kegiatan praktikum, serta ketidaktersediaan alat praktikum di laboratorium sekolah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis sensor, serta menerapkan pendekatan yang memungkinkan keterlibatan aktif peserta didik dalam eksperimen. Melalui pengembangan media dan alat praktikum berbasis sensor ini, diharapkan peserta didik dapat melakukan eksperimen secara langsung, menganalisis data, dan menarik kesimpulan sendiri, sehingga pemahaman mereka terhadap konsep gerak jatuh bebas dapat meningkat secara signifikan.

Oleh karena itu, peneliti telah mengembangkan alat praktikum guna menfasilitasi peserta didik dapat melakukan pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Ketersediaan alat praktikum dalam menjelaskan materi gerak jatuh bebas menjadi dasar peneliti melakukan penelitian “Pengembangan Alat Praktikum *Free-Fall Motion* berbantuan Sensor *Obstacle* untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana desain alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatihkan keterampilan proses sains?
2. Bagaimana kevalidan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatihkan keterampilan proses sains?
3. Bagaimana kepraktisan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatihkan keterampilan proses sains?
4. Bagaimana keefektifan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatihkan keterampilan proses sains?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatih keterampilan proses sains.
2. Mengetahui alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* yang valid untuk melatih keterampilan proses sains.
3. Mengetahui kepraktisan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatih keterampilan proses sains.
4. Mengetahui keefektifan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* untuk melatih keterampilan proses sains.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Bagi guru, alat praktikum yang dikembangkan ini dapat dijadikan sebagai media dalam melakukan pembelajaran untuk melatih keterampilan proses sains.
2. Bagi peserta didik, alat praktikum yang dikembangkan ini dapat melatih keterampilan proses sains selama pembelajaran.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk membatasi masalah agar tidak melebar ke hal yang tidak berkaitan, maka ditetapkan ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Uji coba alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* dilakukan kepada peserta didik SMA kelas XI MIPA
2. Indikator keterampilan proses sains yang diukur menurut Chiappetta & Koballa (2002), yaitu *observing, communicating, controlling variables, hypothesizing, experimentation, dan data interpreting*.

3. Kevalidan alat praktikum yang dimaksud mengacu pada beberapa aspek penilaian yaitu materi, kebermanfaatan pada keterampilan proses sains, ilustrasi serta kualitas dan tampilan alat praktikum.
4. Kepraktisan alat praktikum yang dimaksud mengacu pada beberapa aspek penilaian yang diadaptasi dari Festiana *et al.* (2019) yaitu *usefulness, ease to use, ease of learning*, dan *satisfaction*.
5. Keefektifan alat praktikum yang dimaksud ditinjau pada hasil peserta didik melakukan praktikum dan mengisi LKPD.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Media Pembelajaran

Dalam suatu pembelajaran, penggunaan media perantara yang tepat dapat membantu memvisualisasikan konsep yang kompleks, meningkatkan pemahaman, serta memotivasi peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Media pembelajaran merupakan suatu alat atau sarana perantara untuk menyampaikan bahan pelajaran dari guru kepada peserta didik (Karo, 2018). Media pembelajaran adalah alat yang digunakan untuk menjelaskan materi pelajaran secara keseluruhan, yang sulit dijelaskan jika hanya secara lisan, guna meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik, dan kreativitas guru dalam berinovasi pada setiap kegiatan pembelajaran (Mastuang *et al.*, 2020). Berdasarkan beberapa kajian di atas, peneliti menyimpulkan bahwa media pembelajaran adalah segala bentuk alat, teknik, atau perangkat yang digunakan untuk menyampaikan materi pendidikan secara efektif kepada peserta didik. Pemilihan media pembelajaran harus disesuaikan dengan tujuan pembelajaran, karakteristik materi, serta kebutuhan dan kondisi peserta didik untuk mencapai hasil belajar yang optimal.

Alat praktikum merupakan salah satu jenis media pembelajaran konkret yang memungkinkan peserta didik untuk mengalami langsung proses pembelajaran melalui aktivitas praktik (Dita, 2022). Media konkret ini sangat efektif dalam menjelaskan konsep abstrak, seperti gerak jatuh bebas, karena memberikan pengalaman yang nyata yang dapat diamati

oleh peserta didik. Dalam konteks pembelajaran fisika, penggunaan alat praktikum mempermudah guru dalam menjelaskan fenomena fisik secara langsung melalui eksperimen, sehingga peserta didik dapat memahami teori yang diajarkan dengan lebih mendalam. Alat praktikum juga memberikan peluang bagi peserta didik untuk melatih keterampilan proses sains, seperti mengamati, mengukur, dan menganalisis data.

Pada alat praktikum gerak jatuh bebas (*free-fall motion*) yang telah diperbarui, teknologi digunakan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. Salah satu inovasi utamanya adalah penambahan tombol (*button*) untuk menjatuhkan benda secara otomatis, menggantikan metode manual yang berpotensi menghasilkan kesalahan. Dengan sistem ini, waktu jatuh benda dapat dimulai dengan presisi tinggi saat tombol ditekan, sehingga menghasilkan data yang lebih akurat untuk pengukuran waktu dan jarak. Hal ini tidak hanya mendukung pembelajaran berbasis teknologi, tetapi juga mendorong peserta didik untuk memahami bagaimana teknologi dapat diintegrasikan dalam penelitian ilmiah. Penggunaan alat ini mencerminkan perkembangan teknologi dalam pendidikan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan keterlibatan peserta didik.

Secara umum, media ini berfungsi sebagai perantara antara pendidik dan peserta didik, memungkinkan proses pembelajaran yang lebih interaktif dan menarik. Penggunaan media pembelajaran yang tepat dapat membantu memvisualisasikan konsep yang kompleks, meningkatkan pemahaman, serta memotivasi peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Seiring perkembangan teknologi, media pembelajaran juga semakin beragam, mulai dari buku dan papan tulis, alat praktikum, media digital seperti video, animasi, dan aplikasi interaktif. Tetapi secara khusus, manfaat media pembelajaran antara lain yaitu penyampaian materi pelajaran dapat diseragamkan, proses pembelajaran menjadi lebih jelas, menarik dan interaktif, memberikan efisiensi dalam waktu dan tenaga, meningkatkan kualitas hasil belajar peserta didik, memungkinkan proses

belajar yang dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja, menumbuhkan sikap positif peserta didik terhadap materi dan proses belajar, serta merubah peran guru ke arah yang lebih positif dan produktif (Azhar, 2007). Berdasarkan kajian di atas, peneliti menyimpulkan bahwa penggunaan media pembelajaran memberikan beberapa manfaat dalam membantu proses pembelajaran yang berlangsung antara guru dengan peserta didik, membangkitkan minat dan motivasi belajar peserta didik, serta pembelajaran menjadi lebih jelas, interaktif dan menarik.

2.1.2 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains adalah kemampuan yang meliputi observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, dan interpretasi data, yang digunakan untuk memahami dan memecahkan masalah ilmiah melalui pendekatan sistematis dan logis. Keterampilan proses sains merupakan cerminan metode yang digunakan ilmuwan dalam menghasilkan informasi komprehensif tentang sains seperti dimensi produk, sikap, proses, dan aplikasi (Setyawarno *et al.*, 2020). Keterampilan proses yang lebih sering digunakan dan ditekankan kepada peserta didik dalam mempelajari sains dan ilmuwan dalam pemecahan masalah disebut keterampilan proses dalam sains.

Menurut Munatzir *et al.* (2019), keterampilan proses sains membantu peserta didik belajar dengan melakukan sains, mengalami proses sains, menghubungkan objek sains dengan kehidupan sehari-hari, dan memfasilitasi peserta didik untuk mengkomunikasikan temuan sains dan teknologinya dalam kehidupan nyata. Berdasarkan beberapa kajian di atas, peneliti menyimpulkan bahwa keterampilan proses sains didefinisikan sebagai keterampilan yang melibatkan keterampilan-keterampilan kognitif, manual, dan sosial.

Keterampilan proses sains merupakan kemampuan dasar yang harus dimiliki peserta didik untuk memahami dan menjalankan metode ilmiah. Keterampilan ini mencakup kemampuan mengamati, mengelompokkan, mengukur, membuat kesimpulan, dan menyampaikan informasi secara ilmiah. Dengan keterampilan ini, peserta didik tidak hanya belajar konsep sains secara teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam kehidupan nyata (Irwanto et al., 2020). Keterampilan ini sangat penting dalam mengasah kemampuan berpikir kritis dan memecahkan masalah, yang menjadi salah satu tujuan utama pendidikan sains saat ini (Rustaman, 2021).

Pembelajaran sains berbasis teknologi dapat melatih keterampilan proses sains secara lebih efektif dengan bantuan media pembelajaran interaktif dan berbasis proyek. Dengan menggunakan alat praktikum atau perangkat sensor, peserta didik dapat melakukan eksperimen secara langsung, menganalisis data, dan menarik kesimpulan sendiri. Hal ini menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan bermakna, sekaligus memotivasi peserta didik untuk lebih aktif berpartisipasi dalam proses pembelajaran (Suryadi & Firdaus, 2022). Penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan keterampilan proses peserta didik secara signifikan (Zainuddin *et al.*, 2023).

Selain itu, keterampilan proses sains berperan penting dalam pengembangan kompetensi abad ke-21, seperti kerja sama, komunikasi, dan kreativitas. Peserta didik yang terlibat dalam eksperimen sains dengan pendekatan keterampilan proses lebih cenderung mampu bekerja dalam tim dan berpikir kreatif untuk memecahkan masalah (Santoso & Rahman, 2021). Menurut Chiappetta & Koballa (2002), keterampilan proses sains diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *basic science process skills* (keterampilan proses sains dasar) dan *integrated science process skills* (keterampilan proses sains terintegrasi). Keterampilan proses sains dasar

diartikan sebagai syarat awal untuk mempelajari keterampilan proses sains terintegrasi. Adapun indikator keterampilan proses sains dasar, yaitu *observing, measuring, inferring, classifying, predicting, communicating*, sedangkan pada indikator proses sains terintegrasi, yaitu *controlling variables, hypothesizing, experimentation, data interpreting*.

Tabel 1. Indikator Keterampilan Proses Sains

No	Indikator KPS	Metode
1.	<i>Observing</i>	Menggunakan indera yang dimiliki untuk menggambarkan atau mencatat sifat-sifat dan situasi suatu objek yang diamati secara optimal.
2.	<i>Measuring</i>	Menyatakan jumlah suatu benda atau zat dalam istilah kuantitatif.
3.	<i>Inferring</i>	Memberikan kesimpulan berupa penjelasan terhadap suatu objek berupa benda atau zat secara kuantitatif.
4.	<i>Classifying</i>	Menghubungkan suatu objek dengan peristiwa berdasarkan sifat, kondisi, atau atribut tertentu pada objek tersebut.
5.	<i>Predicting</i>	Memberikan perkiraan yang masuk akal untuk menjelaskan suatu peristiwa berdasarkan sifat, kondisi, atau atribut tertentu pada objek tersebut.
6.	<i>Communicating</i>	Menggunakan kata-kata, simbol, atau grafik dalam menggambarkan suatu objek atau peristiwa yang sedang diamati.
7.	<i>Controlling Variables</i>	Memanipulasi, menentukan, mempersiapkan, dan mengendalikan alat dan bahan yang berhubungan dengan objek yang diamati untuk menentukan.
8.	<i>Hypothesizing</i>	Menyatakan gagasan atau simpulan tentatif yang dapat digunakan untuk menjelaskan peristiwa atau objek yang diamati secara lebih luas, namun tetap tunduk pada hasil pengujian secara langsung.
9.	<i>Experimentation</i>	Menguji hipotesis melalui percobaan dengan memanipulasi atau mengontrol variabel, dan dilanjutkan dengan menyajikan hasil percobaan.
10.	<i>Data Interpreting</i>	Menafsirkan data hasil percobaan serta menarik kesimpulan dari data hasil percobaan yang telah dibuatkan grafik maupun tabelnya.

Banyak peserta didik yang hanya memiliki pengetahuan tentang suatu konsep, tanpa mengetahui cara menemukan konsep maupun mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya (Semiawan *et al.*, 1989). Keterampilan proses sains perlu diterapkan pada

diri peserta didik untuk mengembangkan pemahaman dan kemampuan dalam memanfaatkan maupun mengidentifikasi bukti sains untuk memecahkan masalah dan mengambil keputusan (Priyani & Nawawi, 2020). Penelitian ini mengadaptasi indikator keterampilan proses sains dari Chiappetta & Koballa (2002) dengan mengambil sebagian dari 10 indikator keterampilan proses sains, yaitu *observing*, *hypothesizing*, *controlling variables*, *experimentation*, *data interpreting*, dan *communicating*. Peneliti memilih enam indikator tersebut berdasarkan keselarasan dan indikator proses sains yang umum digunakan dengan desain dan rancangan percobaan yang akan dilaksanakan.

Secara berturut-turut, indikator keterampilan proses sains yang telah ditentukan dapat dilatihkan melalui pembelajaran materi gerak jatuh bebas dengan menggunakan alat praktikum yang akan dikembangkan. Indikator mengamati (*observing*) peserta didik diberikan stimulus berupa video fenomena gerak jatuh bebas. Indikator *controlling variables* (variabel kontrol) peserta didik menentukan variabel berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan. Indikator *hypothesizing* (menentukan hipotesis) peserta didik membuat hipotesis berdasarkan fenomena yang telah diamati dan berdasarkan dengan variabel yang telah ditentukan. Indikator *experimentation* (eksperimen) dibuktikan pada saat peserta didik melakukan kegiatan percobaan terhadap alat praktikum yang dikembangkan. Indikator *data interpreting* (interpretasi data) peserta didik membuat grafik dan menganalisis berdasarkan data hasil percobaan. Indikator *communicating* (mengkomunikasikan) peserta didik mengkomunikasikan dan berdiskusi berdasarkan hasil pekerjaan yang telah mereka lakukan.

2.1.3 *Hands-on Activity*

Hands-on Activity dapat diartikan sebagai suatu metode yang dapat meningkatkan kemampuan pemahaman matematis dan dirancang untuk melibatkan peserta didik secara langsung dalam menggali informasi dan bertanya, beraktivitas dan menemukan, mengumpulkan data dan menganalisis, serta membuat kesimpulan sendiri (Zahara *et al.*, 2021). Melalui kegiatan ini, peserta didik tidak hanya mendengarkan atau membaca teori, tetapi secara aktif mereka terlibat dalam memecahkan masalah, melakukan percobaan, atau menghasilkan sesuatu.

Kegiatan ini menunjang pembelajaran kontekstual dengan karakteristik sebagaimana disebutkan oleh Ikbal dkk. (2021), yaitu kerja sama, saling menunjang, gembira, belajar dengan bergairah, pembelajaran terintegrasi, menggunakan berbagai sumber, peserta didik aktif, menyenangkan, tidak membosankan, *sharing* dengan teman, peserta didik kritis dan guru kreatif. Kegiatan *Hands-on* memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam karena peserta didik dapat memahami konsep secara konkret melalui pengamatan, percobaan, dan interaksi langsung dengan objek atau fenomena yang dipelajari. Metode ini sering digunakan dalam mata pelajaran seperti sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk melatih keterampilan proses, meningkatkan kreativitas, serta memfasilitasi pemahaman yang lebih baik tentang teori-teori abstrak.

Menurut Kamdi (dalam Sosmaria *et al.*, 2020) *Hands-on Activity* membantu peserta didik dalam memperoleh pengetahuan secara langsung melalui pengalaman sendiri. Peserta didik mendapatkan pengalaman terhadap konsep-konsep yang diajarkan oleh guru. Selain untuk membuktikan fakta dan konsep, *Hands-on Activity* juga mendorong rasa ingin tahu sehingga peserta didik terdorong untuk mendapatkan pengamatan dan pengalaman dalam proses pembelajaran. Pelaksanaan *Hands-on Activity* memperhatikan beberapa hal, meliputi aspek kognitif,

psikomotor dan afektif, dengan uraian sebagai berikut: ranah kognitif dapat dilatihkan dengan memberikan tugas, memperdalam teori yang berhubungan dengan tugas *Hands-on Activity* yang dilakukan, menggabungkan berbagai teori yang telah diperoleh, serta menerapkan teori yang pernah diterapkan pada masalah nyata.

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, dapat diketahui bahwa *Hands-on Activity* dapat dikatakan sebagai pembelajaran dengan aktivitas yang melibatkan eksperimen nyata, dan dalam hal ini *Hands-on Activity* termasuk dalam domain psikomotor. Apabila dikaitkan dengan percobaan menggunakan alat praktikum *free-fall motion* yang dikembangkan, maka kegiatan *Hands-on Activity* ada pada saat peserta didik menggunakan alat praktikum *free-fall motion* ini untuk melakukan eksperimen dalam kegiatan pembelajaran tersebut.

2.1.4 *Minds-on Activity*

Hands-on Activity yang dikenal dengan aktivitas fisik (psikomotorik), sedangkan *Minds-on Activity* dikenal dengan aktivitas berpikir (kognitif). *Minds-on Activity* merupakan aktivitas yang berpusat pada konsep inti. Dalam hal ini, peserta didik mengembangkan proses berpikir (secara mental) untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sehingga menemukan konsep pengetahuan dan memahaminya dalam kehidupan sehari-hari (Ates & Eryilmaz, 2011).

Bertolak belakang dengan *Hands-on Activity*, *Minds-on Activity* berfokus pada proses berpikir, pemahaman konsep, analisis, dan refleksi mendalam terhadap materi yang dipelajari. Tujuan dari *Minds-on Activity* ialah mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logika, dan pemecahan masalah, di mana peserta didik lebih banyak terlibat dalam proses mental daripada dalam manipulasi langsung terhadap objek fisik. Kegiatan ini mengarahkan peserta didik untuk mempertanyakan, menyusun hipotesis,

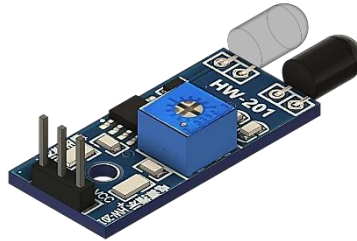
dan membangun pemahaman konseptual yang kuat. Pada *Minds-on Activity*, guru berperan sebagai fasilitator yang memotivasi peserta didik untuk berpikir mandiri yang mendalam (Ates *et al.*, 2011). Proses pembelajaran ini melibatkan dialog yang intensif, di mana peserta didik diberi kesempatan untuk menguji ide mereka, merefleksikan pemahaman, dan menantang asumsi. Kegiatan ini sangat penting untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan analisis yang mendukung pembelajaran jangka panjang.

Dalam pembelajaran yang ideal, *Hands-on Activity* memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen atau proyek, sementara *Minds-on Activity* terjadi secara paralel saat mereka menganalisis hasil, mengajukan pertanyaan, dan menghubungkan konsep yang dipelajari dengan teori yang lebih luas. Dengan menggabungkan keduanya, proses pembelajaran menjadi lebih holistik. *Hands-on* memastikan keterlibatan aktif dan pengalaman nyata, sedangkan *Minds-on* mendorong refleksi dan pemahaman konseptual yang lebih dalam. Keterkaitan ini memperkaya proses pembelajaran dengan memastikan bahwa peserta didik tidak hanya tahu bagaimana melakukan sesuatu, tetapi juga mengapa dan apa implikasinya, sehingga peserta didik mampu menerapkan pengetahuan dalam berbagai situasi yang lebih luas.

2.1.5 Sensor *Obstacle*

Sensor *obstacle* adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan benda di sekitarnya. Kerangka sensor *obstacle* pada dasarnya melibatkan inframerah sebagai mekanisme korespondensi informasi antara kolektor dan pemancar. Kerangka tersebut akan bekerja jika sinar inframerah yang dipancarkan terhalang oleh benda yang menyebabkan sinar inframerah tidak dapat diidentifikasi oleh kolektor (Zulfi *et al.*, 2022). Sensor kemudian mengukur waktu yang dibutuhkan

gelombang untuk kembali, sehingga dapat memperkirakan jarak antara sensor dan benda tersebut.



Gambar 1. Sensor *Obstacle*.

Komponen utamanya terdiri dari IR *emitter* dan IR *receiver*. Ketika diberi tegangan pada modul sensor, IR *emitter* akan memancarkan cahaya inframerah yang tak kasat mata, cahaya tersebut kemudian akan dipantulkan oleh objek yang ada di depannya. Cahaya terpantul ini kemudian diterima oleh IR *receiver*. Terdapat Op-Amp LM363 yang berfungsi sebagai komparator antara resistansi IR *receiver* dan resistansi trimpot pengatur sensitivitas. Saat terkena cahaya inframerah pantulan objek, resistansi IR *receiver* akan mengecil sehingga *output* Op-Amp menjadi *high* (5V) dan menghidupkan LED sensor. *Output* Op-Amp ini juga terhubung dengan pin 'out' yang dihubungkan ke Arduino.

Adapun spesifikasi sensor *obstacle* antara lain sebagai berikut.

1. Tegangan operasi antara 3,3 – 5 VDC
2. Jarak deteksi 2 – 30 cm
3. Sudut deteksi 35°
4. Dimensi 47 x 14 x 7 mm
5. Terdapat 1 buah *output* yaitu digital *output* yang berupa tegangan *output*
6. Terdapat potensiometer sebagai pengatur sensitivitas sensor dalam melakukan *sensing*

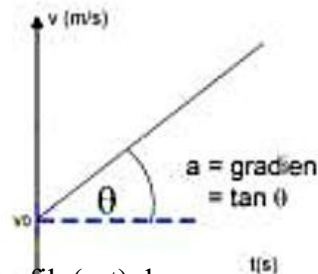
2.1.6 Gerak Jatuh Bebas

Salah satu potensi sumber kesulitan peserta didik dalam memahami konsep gerak jatuh bebas menurut Champagne *et al.* (1980) adalah konflik antara pemahaman sehari-hari (intuitif) dengan konsep ilmiah. Mereka menyatakan bahwa peserta didik sering kali datang ke kelas dengan pandangan intuitif yang salah tentang gerak, yang didasarkan pada pengalaman sehari-hari. Misalnya, peserta didik cenderung percaya bahwa benda yang lebih berat akan jatuh lebih cepat daripada benda yang lebih ringan. Hal tersebut bertentangan dengan konsep ilmiah bahwa percepatan gravitasi berlaku sama untuk semua benda dalam kondisi ideal (tanpa hambatan udara).

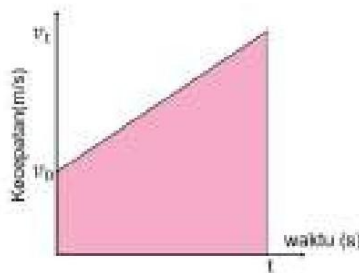
Menurut Viennot (1979), peserta didik seringkali memberikan argumen yang menunjukkan kesulitan mereka dalam memahami konsep gerak jatuh bebas. Salah satu argumen yang sering dikemukakan adalah bahwa “benda yang lebih berat akan jatuh lebih cepat daripada benda yang lebih ringan”. Materi yang dianggap sulit untuk dipahami ialah materi gerak jatuh bebas, peserta didik mengalami kegagalan untuk dapat memberikan argumen yang tepat pada fenomena gerak jatuh bebas. Untuk menguji pemahaman konsep gerak jatuh bebas, peserta didik diberikan latihan yang terlalu bergantung pada perhitungan matematis tanpa konteks nyata. Latihan-latihan ini meminta peserta didik untuk sekedar memasukkan angka ke dalam persamaan kinematika (misalnya $v = \frac{1}{2}at^2$) tanpa memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk memahami makna fisik dari konsep gerak jatuh bebas. Jenis latihan ini hanya mengasah keterampilan algoritmik peserta didik, tetapi tidak memperkuat pemahaman konseptual mereka tentang percepatan konstan, efek gravitasi, dan bagaimana benda bergerak tanpa hambatan udara (Mc. Dermott, 1991).

Perubahan kecepatan yang teratur menunjukkan percepatan tetap. GLBB dibedakan atas dua, yaitu GLBB dipercepat dan GLBB diperlambat.

Percepatan merupakan kemiringan dari grafik kecepatan terhadap waktu sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Grafik ($v-t$) dengan percepatan $a = \tan \theta$.
Perumusan untuk perpindahan dan jarak pada GLBB dapat menggunakan kecepatan terhadap waktu. Perhatikan Gambar 3.



Gambar 3. Menentukan Perpindahan.

Perpindahan = luas trapesium

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_0 + v_t) t$$

—

Ingat bahwa $v_t = v_0 + at$, substitusikan pada rumus di atas, sehingga

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_0 + v_0 + at) t$$

$$\underline{1}$$

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

Dari persamaan di atas dan definisi perpindahan $\Delta x = x_t - x_0$, diperoleh:

$$x_t = x_0 + \frac{1}{2} (v_0 + v_0 + at) t = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad 2$$

Persamaan ini dapat digunakan untuk mencari kecepatan benda yang berpindah sejauh Δx dalam waktu t .

Dengan: Δx = perpindahan (m)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

v_t = kecepatan akhir (m/s)

a = percepatan (m/s²)

t = waktu (s)

Perumusan GLBB yang lain diberikan sebagai berikut.

Dari persamaan:

$$v_t = v_0 + at \rightarrow t = \frac{v_t - v_0}{a}$$

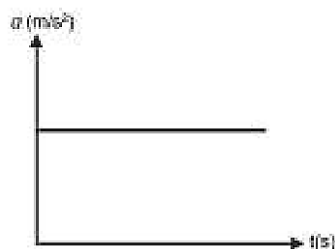
$$v_t = v_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad v_t^2 = v_0^2 + v_0 \left(\frac{v_t - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v_t - v_0}{a} \right)^2$$

Diperoleh:

$$v_t^2 - v_0^2 = 1 \cdot a \Delta x$$

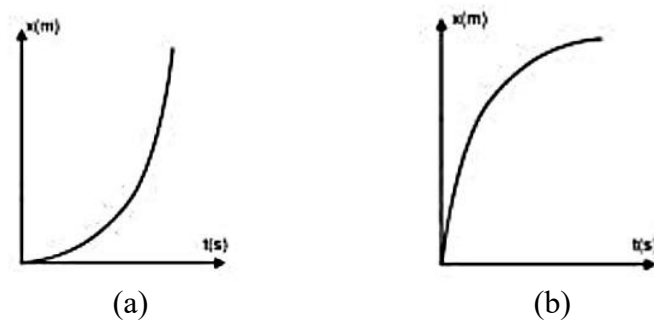
Benda yang mengalami GLBB akan memiliki percepatan yang tetap.

Grafik percepatan terhadap waktu (grafik $a - t$) digambarkan dengan garis lurus horizontal yang sejajar dengan sumbu waktu (t), seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik ($a - t$) untuk GLBB.

Grafik perpindahan benda (x) terhadap waktu (t) untuk benda yang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) ditunjukkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Grafik (x-t) untuk GLBB dipercepat, (b) Grafik (x-t) untuk GLBB diperlambat.

Syarat utama suatu benda mengalami gerak jatuh bebas adalah kecepatan awal benda sama dengan nol atau benda bergerak tanpa kecepatan awal. Gerak jatuh bebas merupakan contoh gerak lurus beraturan (GLBB). Jika diperhatikan, arah gerak jatuh bebas selalu searah dengan percepatan gravitasi bumi. Oleh karena itu, gerak jatuh bebas termasuk GLBB dipercepat. Mengingat arah benda yang mengalami gerak jatuh bebas searah dengan percepatan gravitasi bumi, maka besar percepatan benda sama dengan percepatan gravitasi bumi. Adapun bentuk lintasannya berupa garis lurus. Secara matematis, hubungan antara rumus GLBB dan syarat GJB didapatkan persamaan berikut.

$$v = v_0 + at$$

Jika kecepatan awal (v_0) sama dengan nol, maka:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ &= 0 + at \\ &= at \dots (1) \end{aligned}$$

Ingat kembali persamaan jarak pada GLBB, yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\ &= 0 + \frac{1}{2} at^2 \\ &= \frac{1}{2} at^2 \dots (2) \end{aligned}$$

Oleh karena gerak jatuh bebas memiliki arah vertikal, maka simbol (s) bisa diganti dengan ketinggian (h) dan percepatan (a) bisa diganti dengan (g). Dengan demikian, persamaan (1) dan (2) menjadi seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 v &= gt \\
 h &= \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \\
 v &= g\left(\sqrt{\frac{2h}{g}}\right) \\
 v &= \sqrt{2gh}
 \end{aligned}$$

Kecepatan akhir benda yang mengalami gerak jatuh bebas dipengaruhi oleh ketinggian dan percepatan gravitasi.

2.1.7 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Proses Sains

Pembelajaran fisika tidak hanya dapat dilakukan di dalam kelas. Ciri dari pembelajaran fisika adalah adanya kegiatan praktikum, baik di laboratorium maupun di alam. Banyak konsep fisika yang kompleks, sehingga diperlukan suatu kegiatan untuk memudahkan peserta didik dalam memahami konsep tersebut. Kegiatan praktikum sangat sesuai untuk memfasilitasi peserta didik belajar melalui pengalaman langsung (Mariyam, 2015). Keterampilan proses sains adalah keterampilan yang diperoleh dari latihan kemampuan-kemampuan mental, fisik, dan sosial yang mendasar sebagai penggerak kemampuan yang lebih tinggi. Keterampilan proses bertujuan meningkatkan kemampuan peserta didik untuk menyadari, memahami, dan menguasai rangkaian bentuk kegiatan yang berhubungan dengan hasil belajar yang telah dicapai peserta didik. Rangkaian bentuk kegiatan yang dimaksud adalah kegiatan mengamati, menggolongkan, menafsirkan, meramalkan, menerapkan, merencanakan penelitian, dan mengkomunikasikan (Rustaman *et al.*, 2003)

Aktivitas praktikum memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk secara langsung mengalami fenomena fisik, sehingga mereka tidak hanya mempelajari konsep secara teoretis tetapi juga melalui pengamatan dan manipulasi langsung. Alat praktikum *free-fall motion* membantu mengilustrasikan prinsip-prinsip fisika secara konkret, seperti percepatan gravitasi dan waktu jatuh, yang mempermudah pemahaman. Dalam praktikum *free-fall motion*, keterampilan proses sains seperti mengamati, mengukur, mengumpulkan data, merumuskan hipotesis, serta menganalisis data sangat penting. Ketika peserta didik menggunakan alat praktikum ini, mereka dilatih untuk mengamati gerakan benda yang jatuh bebas, melakukan pengukuran waktu jatuh dengan sensor *obstacle*, dan mencatat hasil pengamatan tersebut. Proses ini memupuk keterampilan berpikir ilmiah yang kritis, di mana peserta didik perlu menganalisis data yang diperoleh dan membandingkannya dengan teori fisika tentang gerak. Hal ini tidak hanya memperkuat konsep teoretis yang dipelajari, tetapi juga mengembangkan kemampuan peserta didik dalam menerapkan metode ilmiah.

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian ini mempertimbangkan beberapa kajian hasil penelitian terdahulu untuk mendukung pelaksanaannya. Adapun penelitian yang relevan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian yang Relevan

No	Nama Peneliti/ N a m a J u r n a l / J u d u l	Meto d e	Hasil Penelitian/ A n a l i s i s
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Sa'adah Nailis & Prabowo (2021)/Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika/Pengembangan Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis Sensor <i>Proximity</i> Pada Materi Getaran Harmonis untuk Peserta didik SMA Kelas X	Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Surabaya dengan teknik pengumpulan data melalui instrumen validasi dan praktikum. Validasi dilakukan oleh ahli untuk menilai alat praktikum yang telah dikembangkan, sedangkan praktikum digunakan untuk mendapatkan data dari alat praktikum tersebut.	Alat praktikum bandul matematis berbasis sensor <i>proximity</i> yang dikembangkan dinyatakan sesuai untuk menentukan nilai percepatan gravitasi bumi pada materi getaran harmonis, dengan akurasi yang memenuhi kriteria yang ditetapkan. Alat praktikum ini dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika, khususnya dalam materi getaran harmonis, dan mendukung proses pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif.
2.	Rosdianto, H. (2018)/Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika/Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas dengan <i>Stopwatch</i> Otomatis Sederhana	Prosedur pengembangan alat praktikum yang terdiri dari tiga tahap: 1) Tahap penelitian dan pengumpulan data, 2) Tahap pengembangan produk, dan 3) Tahap validasi dan uji coba.	Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran berupa alat praktikum dan buku pedoman untuk konsep gerak jatuh bebas. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan berdasarkan langkah-langkah Borg & Gall, yang disederhanakan menjadi tiga tahap: penelitian dan pengumpulan data, pengembangan produk, serta validasi dan uji coba.

Tabel 2 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
3.	Jhoni M <i>et al.</i> , (2022)/Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Arduino UNO R3 pada Materi Gerak Jatuh Bebas	Instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data berupa angket yang diberikan kepada ahli desain dan ahli media untuk menguji kevalidan atau kelayakan alat praktikum gerak jatuh bebas berbasis Arduino UNO R3.	Pengembangan alat praktikum berbasis Arduino UNO R3 dapat menjadi inovasi yang signifikan dalam pembelajaran fisika, dengan validitas dan praktikalitas yang tinggi.
4.	Qomariah N., Wirawan R. (2018)/Prosiding PKM-CSR/Aplikasi Sensor <i>Infrared</i> dan Arduino UNO untuk Alat Praktikum Sederhana Gerak Jatuh Bebas	Alat praktikum ini dirancang untuk menentukan waktu tempuh benda jatuh bebas pada jarak yang telah ditentukan, sehingga dapat dihitung nilai kecepatan gerak benda dan percepatan gravitasinya.	Jurnal ini berhasil menunjukkan bahwa alat praktikum berbasis Arduino dan sensor <i>infrared</i> dapat digunakan untuk mengajarkan konsep gerak jatuh bebas dengan cara yang interaktif dan praktis. Hasil yang diperoleh mendukung efektivitas alat dalam pendidikan fisika, dan penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam alat praktikum pendidikan lainnya.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dipaparkan pada Tabel 2, penelitian pertama dilakukan pada tahun 2021 yang membahas mengenai alat praktikum bandul matematis berbasis sensor *proximity* yang dirancang untuk membantu pembelajaran fisika, khususnya pada materi getaran harmonis sederhana dan untuk menentukan nilai percepatan gravitasi bumi. Pengembangan alat praktikum tersebut bertujuan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep fisika, terutama dalam materi getaran harmonis. Penelitian kedua dilakukan pada tahun 2018 yang membahas mengenai media pembelajaran alternatif untuk menganalisis fenomena gerak jatuh bebas. Penelitian ini berhasil

menciptakan alat praktikum berupa *stopwatch* otomatis sederhana dan buku pedoman yang mendukung proses pembelajaran. Penelitian ketiga dilakukan pada tahun 2022 yang membahas mengenai alat praktikum gerak jatuh bebas berbasis Arduino UNO R3 sebagai media pembelajaran fisika di SMA. Penelitian ini menciptakan alat praktikum yang valid dan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya untuk menjelaskan konsep gerak jatuh bebas. Adapun penelitian keempat yang dilakukan pada tahun 2018 yang membahas mengenai alat praktikum sederhana untuk mengajarkan konsep gerak jatuh bebas dalam fisika. Penelitian ini menciptakan alat praktikum berbasis Mikrokontroler Arduino UNO dan Sensor *Infrared* yang dapat digunakan untuk mengukur percepatan gravitasi dengan cara yang interaktif dan praktis.

Keterbaruan penelitian pengembangan yang dilakukan oleh peneliti dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya adalah penggunaan sensor *obstacle* yang dilengkapi dengan *display* berupa *LCD* sebagai media pembelajaran pada materi gerak jatuh bebas. Sensor yang akan digunakan yaitu 2 sensor *obstacle* untuk menghitung waktu benda dijatuhkan dari sensor pertama ke sensor kedua, sedangkan *LCD* akan digunakan sebagai *display* waktu yang dihasilkan dari hasil percobaan gerak jatuh bebas.

2.3 Kerangka Pemikiran

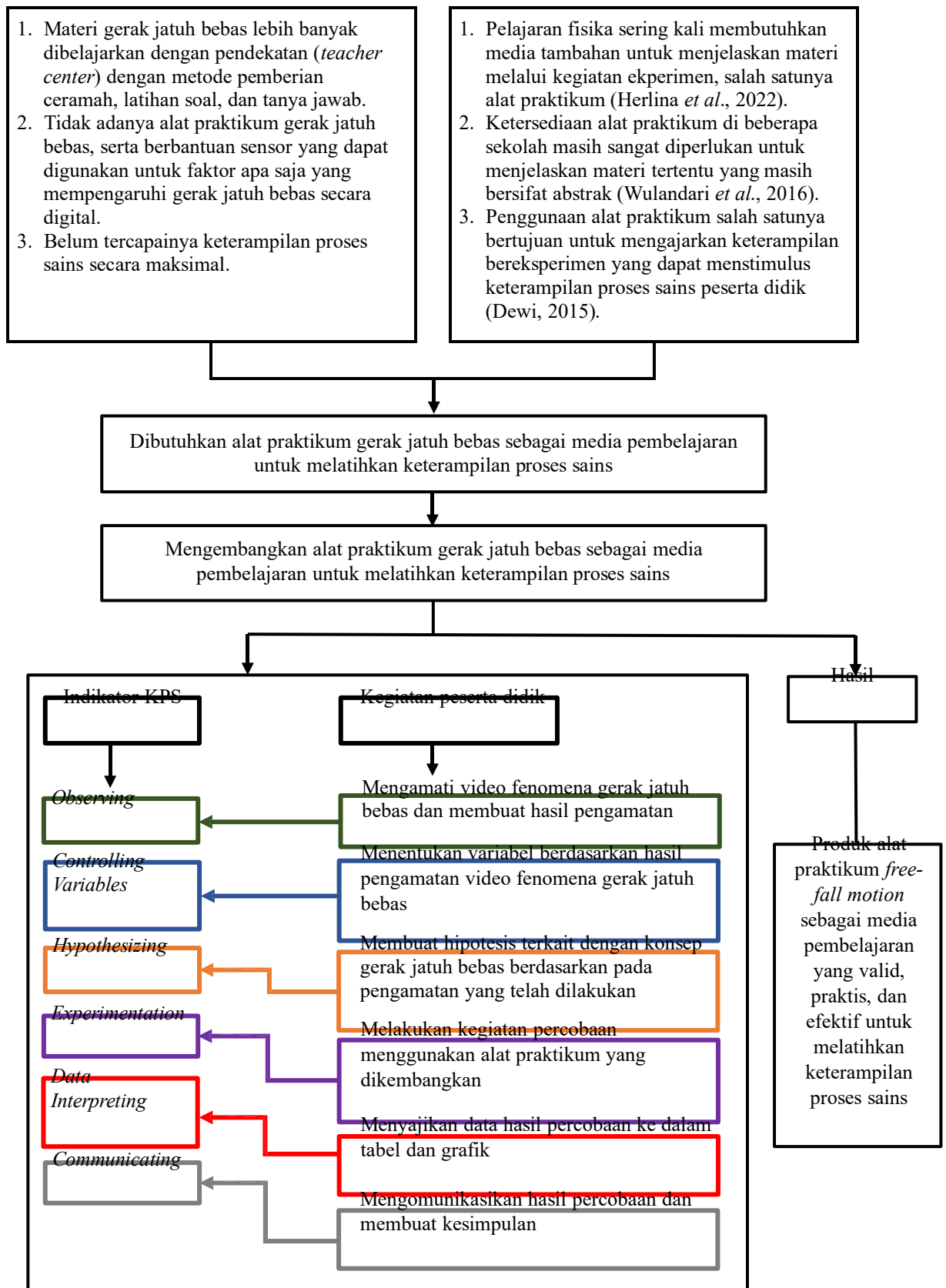
Pendidikan abad ke-21, guru dituntut untuk tidak hanya menguasai konten dan pedagogi, tetapi juga mampu memanfaatkan teknologi secara strategis untuk meningkatkan kualitas pengajaran dengan mengintegrasikan TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*). Peserta didik harus mampu menguasai kompetensi 4C, di antaranya *critical thinking and problem solving, communication, creativity and innovation*, dan *collaboration*.

Penggunaan media pembelajaran yang kurang interaktif pada pendidikan abad ke-21 dapat menghambat penguasaan keterampilan esensial seperti keterampilan proses sains. Peserta didik sering kali hanya menerima informasi secara pasif tanpa adanya pengalaman praktis yang mendukung pemahaman konsep-konsep ilmiah. Akibatnya, kemampuan peserta didik dalam melakukan observasi, eksperimen, dan analisis tidak berkembang secara optimal, yang merupakan bagian penting dalam proses sains.

Media pembelajaran yang digunakan oleh guru harus sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Dengan perkembangan teknologi, penggunaan alat praktikum berbasis teknologi menjadi solusi untuk menunjang media pembelajaran yang lebih interaktif. Alat praktikum pada pembelajaran fisika membantu peserta didik terlibat secara aktif dalam kegiatan eksperimen. Selain meningkatkan partisipasi, teknologi ini juga memberikan data *real-time* yang dapat digunakan peserta didik untuk melatih keterampilan analitis, pengukuran, dan pengambilan kesimpulan dalam konteks ilmiah.

Alat praktikum yang dikembangkan berbantuan sensor yang dapat digunakan untuk membantu guru dalam menjelaskan konsep gerak jatuh bebas. Alat praktikum ini bertujuan untuk memudahkan guru dalam mempresentasikan secara *visual* agar peserta didik lebih mudah mengamati dan memahami konsep gerak jatuh bebas. Alat praktikum yang dikembangkan dalam penelitian ini dilengkapi dengan bantuan sensor *obstacle* dan *LCD* yang diharapkan mampu menjadi salah satu penunjang dalam pembelajaran konsep gerak jatuh bebas untuk melatih keterampilan proses sains peserta didik. Indikator keterampilan proses sains peneliti gunakan yaitu *observing, hypothesizing, controlling variables, experimentation, communicating, dan data interpreting*.

Pada indikator *observing*, peserta didik mengamati video tentang gerak jatuh bebas sebagai stimulus. Indikator *controlling variables*, ditandai dengan peserta didik memilih benda yang digunakan untuk percobaan serta menentukan berapa jarak antara sensor bawah dan sensor atas. Peserta didik dapat memberikan hipotesis mereka mengenai bagaimana pengaruh massa benda dan bagaimana pengaruh jarak antar kedua sensor terhadap waktu tempuh benda, pada tahap ini indikator *hypothesizing* dapat dilatihkan. Untuk menguji hipotesis, peserta didik melakukan kegiatan eksperimen/percobaan menggunakan alat praktikum (*experimentation*). Data hasil percobaan kemudian oleh peserta didik disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, hal ini melatih indikator *communicating*. Data *interpreting* peserta didik dilatihkan dengan peserta didik menafsirkan hasil data percobaan dan menarik kesimpulan. Berdasarkan hasil uraian pemikiran di atas, bagan kerangka pemikiran dapat disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kerangka Pemikiran.

2.4 Model Hipotetik Rangkaian Alat Praktikum

Model hipotetik rangkaian alat praktikum merupakan kerangka awal hasil kajian kerangka teori yang akan menjadi dasar dari pengembangan produk. Desain rangkaian alat praktikum yang dikembangkan oleh peneliti adalah rangkaian alat praktikum gerak jatuh bebas berbantuan sensor *obstacle*, dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Kerangka Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.



Gambar 8. Rangkaian Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan kerangka awal dari alat praktikum gerak jatuh bebas yang disusun secara vertikal. Kerangka terdiri dari tabung transparan yang terbuat dari mika atau plastik bening, berfungsi sebagai lintasan jatuh bebas bagi benda uji (misalnya bola bekel). Di sampingnya terdapat batang penyangga teleskopik (tongkat tripod atau tiang alat ukur), yang berfungsi untuk mengatur tinggi alat secara fleksibel, serta sebagai tempat pemasangan sensor obstacle di beberapa titik ketinggian.

Kerangka alat praktikum gerak jatuh bebas tersebut didesain dengan mengaitkan sensor pada bagian ujung bawah dan ujung atas dengan tujuan agar jarak sensor bawah dan atas dapat diatur secara fleksibel. Kemudian gagang besi tersebut dihubungkan pada kotak yang berisi dengan rangkaian sensor, dengan bagian atas kotak diberikan *LCD* sebagai *display* hasil pengukuran sensor. Desain ini memungkinkan pengamatan visual lintasan jatuh benda serta integrasi sensor di posisi atas dan bawah untuk mendeteksi waktu jatuh secara otomatis. Kerangka ini menjadi dasar pengembangan alat praktikum yang portable, mudah digunakan, dan mendukung pembelajaran berbasis eksperimen pada materi gerak jatuh bebas.

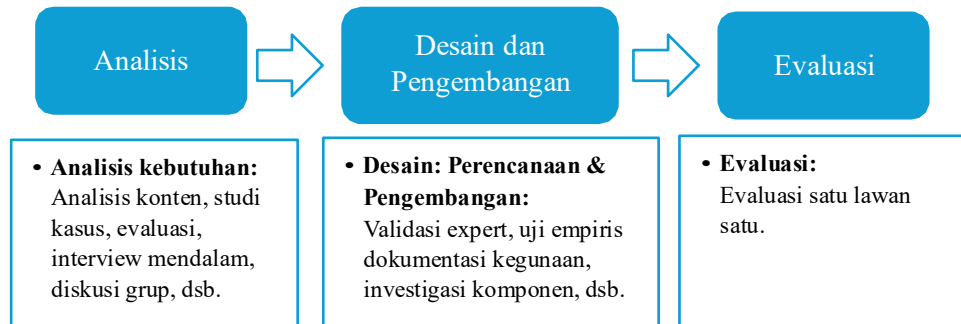
III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Model penelitian yang digunakan sangat berpengaruh terhadap produk yang sedang dikembangkan. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan sebuah alat demonstrasi yang mampu mengatasi permasalahan dalam salah satu proses pembelajaran, sehingga dapat memberikan manfaat untuk Pendidikan di Indonesia. Model *Design and Development Research* (DDR) atau riset desain dan pengembangan merupakan model yang dipilih pada penelitian ini, Richey dan Klein (2007) memaparkan bahwasanya model ini merupakan “*the systematic study of design, development, and evaluation process with the aim of establishing an empirical basic for the creation of instructional and non-instructional product and tools and new enhanced models that govern their development*”.

Berdasarkan pendapat dari mereka, didapat bahwasannya model DDR merupakan studi yang sistematis terhadap proses desain, pengembangan, dan evaluasi dengan tujuan untuk menetapkan dasar empiris dalam penciptaan produk dan alat instruksional dan non-instruksional serta model baru atau yang dikembangkan. Model DDR merupakan suatu metode penelitian yang tujuan utama dari penelitiannya adalah untuk menyediakan informasi bagi *Instructional Designer* (ID), bahwasanya suatu masalah dalam pendidikan telah ditemukan dan diselesaikan secara empiris dan sistematis melalui serangkaian penelitian pada proses desain, pengembangan dan evaluasi (Richey & Klein, 2007).

Oleh karena pemaparan di atas, penelitian ini menggunakan model DDR yang terdiri atas tiga tahap yaitu analisis, desain dan pengembangan, serta evaluasi yang kemudian dijabarkan dalam gambar berikut:



Gambar 9. Prosedur Penelitian DDR.

Dalam penelitian pengembangan alat praktikum ini, prosedur penelitian DDR yang adaptasi dari Richey dan Klein (2007) dimodifikasi pada tahap evaluasi. Pada model asli memiliki beberapa tahapan evaluasi, tetapi dalam modifikasi ini evaluasi disederhanakan menjadi evaluasi satu lawan satu dengan fokus pada kelompok kecil. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk menggali secara lebih mendalam kelebihan dan kekurangan alat praktikum, serta mendapatkan umpan balik yang lebih spesifik dan relevan. Dengan pendekatan ini, pengembang bisa langsung menerapkan perbaikan desain secara lebih efisien sesuai dengan kebutuhan pengguna.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Analisis

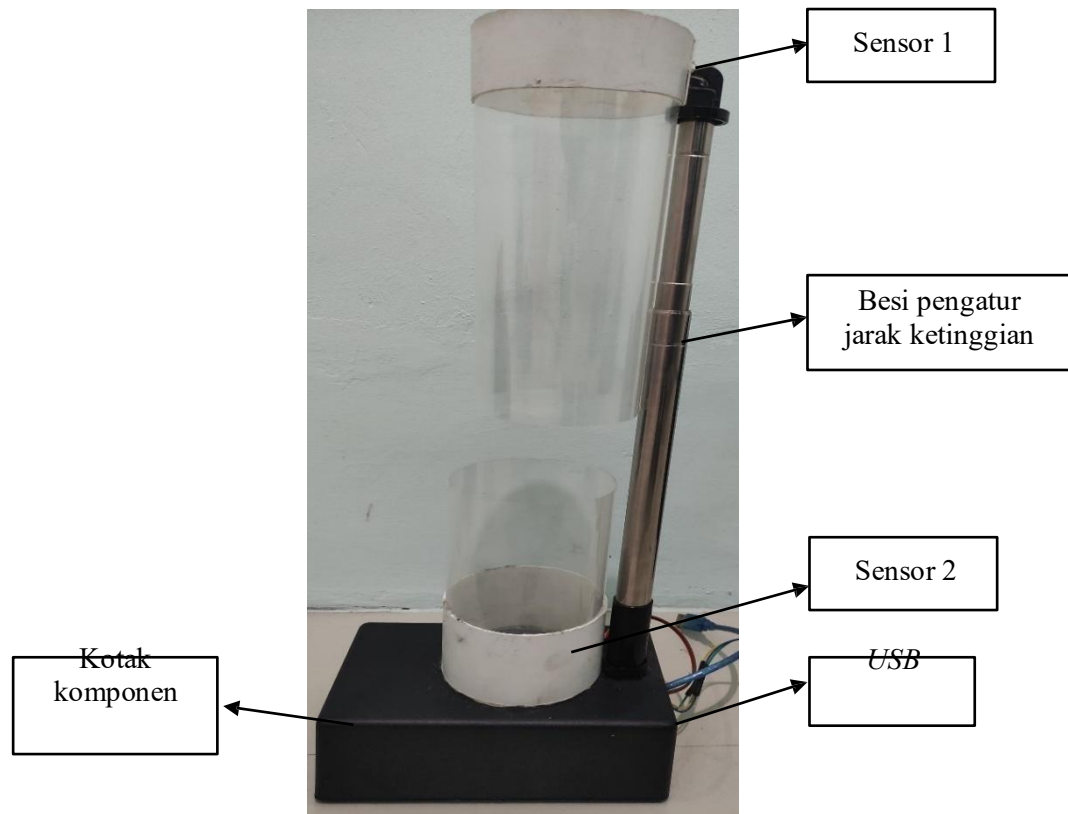
Tahap awal pada penelitian DDR yang dilakukan adalah studi analisis, yang dikenal juga sebagai penelitian pendahuluan (*preliminary research*). Tahap ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan masalah yang ada di lapangan, yang kemudian menjadi dasar dalam perancangan terkait desain yang nantinya digunakan untuk merancang pengembangan produk tersebut (Plomp & Nieveen, 2010). Dalam menjalankan tahap penelitian

pendahuluan ini, peneliti memfokuskan perhatian pada beberapa aspek penting guna mengidentifikasi masalah yang ada. Beberapa informasi yang dikumpulkan meliputi metode pembelajaran yang digunakan untuk konsep gerak jatuh bebas, ketersediaan peralatan, keterampilan proses sains yang dimiliki peserta didik, serta perkembangan alat-alat yang telah ada sebelumnya.

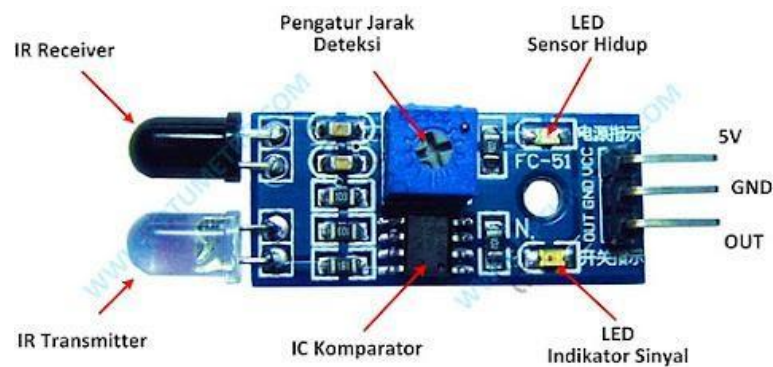
Dalam fase *preliminary research* (analisis kebutuhan), peneliti melakukan pengajuan angket dengan mendatangi sekolah menengah atas yang dituju. Angket yang diajukan kepada guru dan peserta didik bertujuan untuk mengetahui masalah yang ada pada proses pembelajaran fisika khususnya pada materi gerak jatuh bebas. Sumber informasi yang diperoleh melalui angket analisis kebutuhan menjadi dasar peneliti melakukan penelitian pengembangan ini. Tahap analisis ini juga didukung dengan pengumpulan informasi melalui observasi, studi literatur, *website* atau internet.

3.2.2 Desain dan Pengembangan

Tahap desain dan pengembangan dalam suatu produk merupakan proses berulang yang mengubah konsep menjadi bentuk nyata yang dapat diuji cobakan. Menurut Plomp & Nieveen (2010), tahap ini dimulai dengan merancang prototipe awal berdasarkan hasil analisis kebutuhan, yang kemudian melalui serangkaian uji coba dan revisi untuk memastikan kesesuaian produk dengan kebutuhan pengguna. Tahap ini tidak hanya bertujuan untuk mengembangkan suatu produk, tetapi juga untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan efektif melalui proses pengujian dan evaluasi.



Gambar 10. Rancangan Desain Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.



Gambar 11. Rangkaian Bagian Sensor *Obstacle* pada Alat Praktikum.

Pada alat praktikum *free-fall motion* yang dikembangkan, digunakan sensor *obstacle* berbasis *infrared* (IR) sebagai komponen utama pendeteksi benda jatuh. Sensor obstacle ini terdiri dari IR *transmitter* (pemancar) dan IR *receiver* (penerima) yang berfungsi mendeteksi keberadaan benda ketika melewati jalur sensor.

Dalam penggunaannya, sensor *obstacle* dipasang pada dua titik ketinggian yang telah ditentukan pada rangka alat praktikum. Sensor pertama dipasang di bagian atas sebagai detektor awal saat benda mulai jatuh, sedangkan sensor kedua dipasang di bagian bawah sebagai detektor akhir saat benda mencapai titik akhir jatuh. Ketika benda dijatuhkan, IR *transmitter* memancarkan sinyal inframerah yang akan dipantulkan atau terhalang oleh benda. IR *receiver* kemudian mendeteksi perubahan sinyal tersebut dan mengirimkan *output* berupa sinyal digital ke mikrokontroler Arduino Uno.

Mikrokontroler akan menghitung selisih waktu antara sensor pertama dan kedua, kemudian hasil waktu tempuh benda jatuh tersebut ditampilkan secara *real-time* pada layar LCD 16x2 yang terpasang pada alat praktikum. Dengan penggunaan sensor *obstacle* ini, alat praktikum dapat memberikan data waktu yang lebih akurat dan presisi dibandingkan pengukuran manual menggunakan *stopwatch*. Selain itu, sensor *obstacle* juga mempermudah peserta didik dalam melakukan percobaan tanpa perlu khawatir terjadi kesalahan pencatatan waktu akibat keterlambatan respon saat pengukuran manual.

1. Pemilihan Material

Material-material yang digunakan dalam pembuatan alat praktikum gerak jatuh bebas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Komponen pada Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas

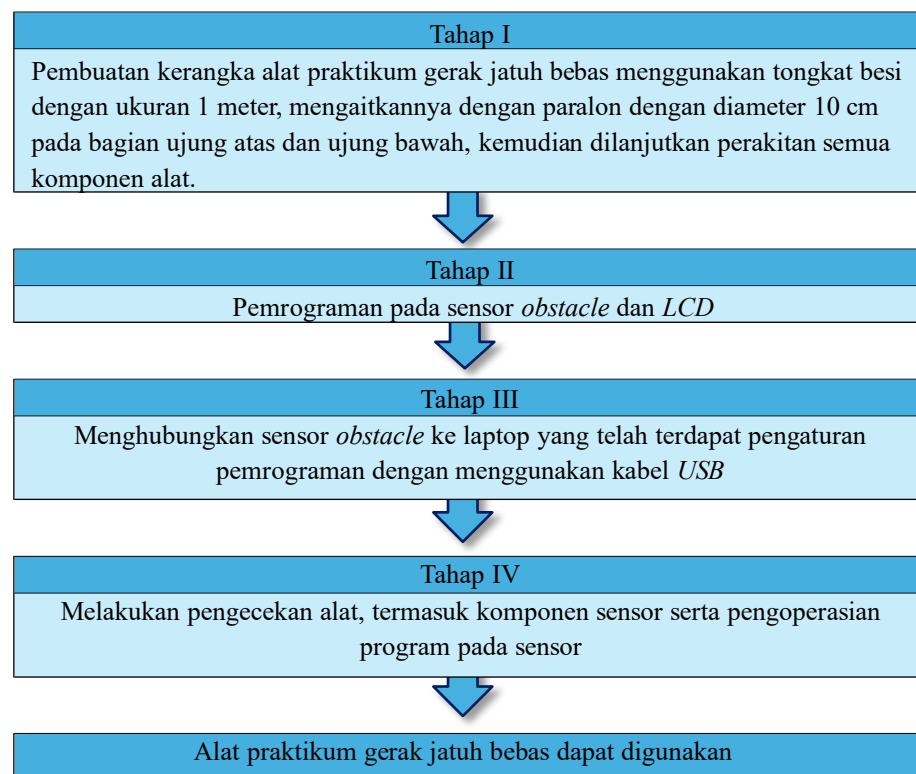
Material (1)	Fungsi (2)
Sensor <i>Obstacle</i>	Sebagai pendeteksi waktu benda dijatuhkan hingga mencapai permukaan
Sensor Ultrasonik	Sebagai pendeteksi ketinggian
LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	Sebagai penampil keterangan hasil percobaan alat
Kabel Jumper	Sebagai konduktor untuk menghubungkan rangkaian listrik

Tabel 3 (lanjutan)

(1)	(2)
Mikrokontroler Arduino Nano	Sebagai konektor untuk memasukkan perintah <i>coding</i> pada sensor dan <i>LCD</i>
Tongkat Besi	Sebagai acuan jarak ketinggian benda yang akan dijatuhkan
Motor Servo	Sebagai buka tutup kaca penghalang
Kotak Komponen Sensor	Sebagai wadah semua komponen sensor
Kabel <i>USB</i>	Sebagai konektor antara Arduino dan laptop
Laptop	Sebagai pengatur <i>coding</i> alat

2. Prosedur Pembuatan Alat

Pembuatan alat praktikum dimulai dengan mencari material-material yang diperlukan. Kemudian, peneliti mulai merangkai alat menggunakan berbagai peralatan seperti obeng tespen, gergaji, *cutter*, dan gunting.



Gambar 12. Prosedur Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas.

3. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan oleh *expert* untuk memastikan bahwa alat praktikum dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan dan kesesuaian untuk digunakan dalam pembelajaran fisika. Uji validitas ini melibatkan dua orang *expert*, yaitu ahli materi fisika dan guru fisika SMAN 1 Raman Utara.

Pada tahap ini, peneliti memberikan lembar penilaian validasi beserta para *expert* untuk dinilai berdasarkan beberapa aspek, yaitu aspek materi, kebermanfaatan keterampilan proses sains, ilustrasi, serta kualitas dan tampilan alat praktikum. Para ahli menilai materi kesesuaian konsep fisika gerak jatuh bebas yang digunakan pada alat dengan teori yang ada, serta kualitas desain, kemudahan penggunaan, dan kebermanfaatan alat dalam pembelajaran.

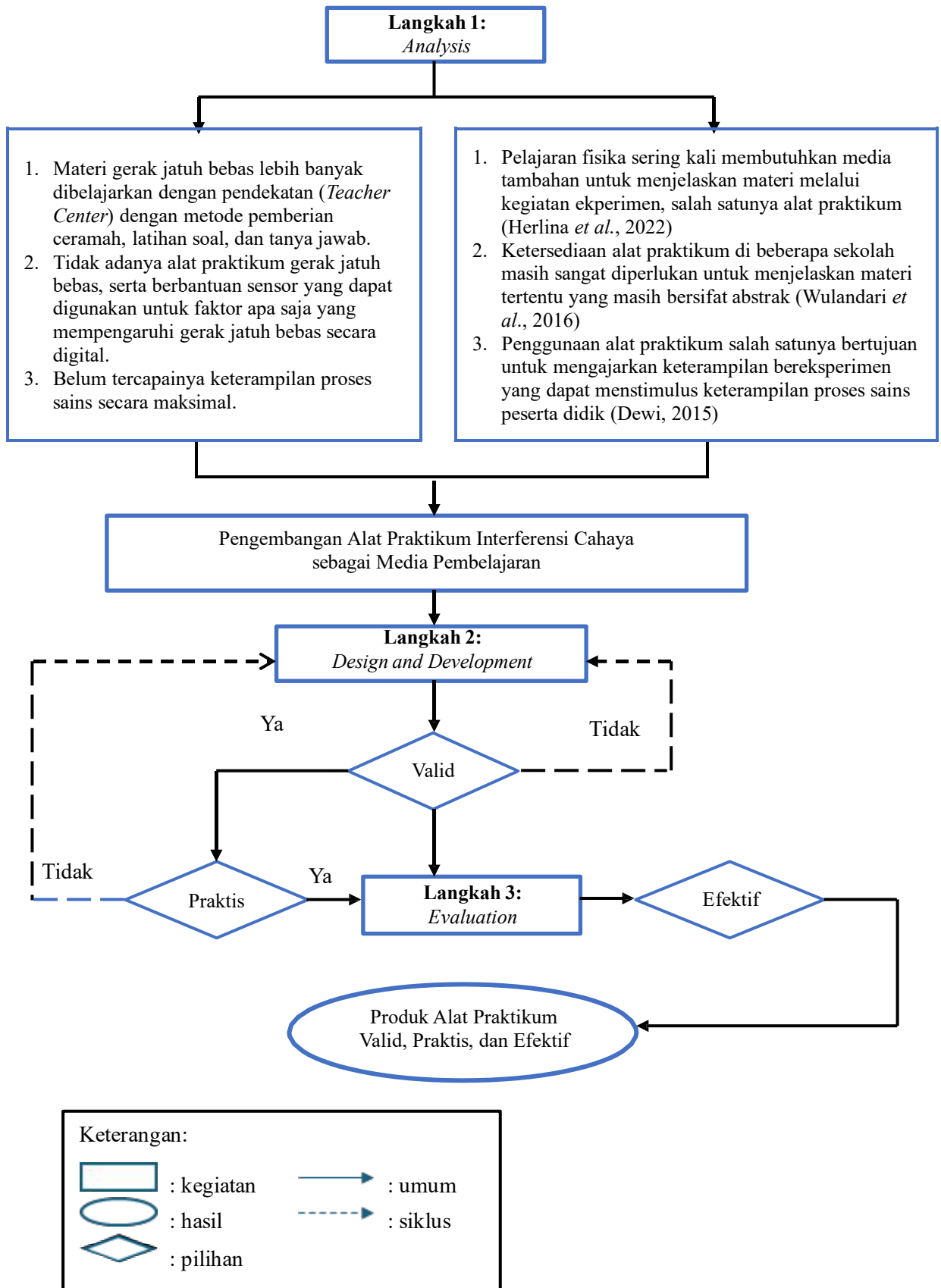
4. Uji Empiris

Uji empiris dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui bagaimana kinerja alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* dalam kondisi penggunaan sebenarnya di kelas. Uji empiris ini dilaksanakan setelah alat praktikum dinyatakan valid oleh ahli materi dan media. Penelitian ini dilakukan dengan melibatkan peserta didik sebagai pengguna langsung.

Pada tahap uji empiris, peneliti meminta peserta didik untuk menggunakan alat praktikum sesuai langkah-langkah yang terdapat pada LKPD, seperti mengamati fenomena, menentukan variabel, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, menginterpretasikan data, dan mengkomunikasikan hasilnya. Peserta didik mencatat data yang ditampilkan pada LCD serta mengamati kesesuaian data dengan perhitungan teori gerak jatuh bebas. Selain itu, peneliti juga mencatat respons dan kendala yang dialami peserta didik selama melakukan percobaan.

3.2.3 Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk melihat apakah kegiatan disetiap tahapan prosedur pengembangan telah sesuai dan berjalan dengan baik atau tidak. Pada tahap ini, peneliti melakukan uji keefektifan pada kelompok kecil sebanyak 15 orang peserta didik. Peserta didik diminta untuk mengerjakan LKPD yang memuat indikator keterampilan proses sains untuk mengetahui keefektifan alat praktikum yang dikembangkan.



Gambar 13. Diagram Alur Penelitian dan Pengembangan.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu angket. Peneliti menggunakan angket sebagai instrumen penelitian untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam pengembangan alat praktikum gerak jatuh bebas. Dalam penelitian ini, penyusunan angket dibutuhkan untuk beberapa tahapan seperti analisis dan pengembangan. Adapun penyusunan angket meliputi angket analisis kebutuhan, angket kevalidan, angket kepraktisan dan angket keefektifan.

3.3.1 Angket Analisis Kebutuhan

Angket analisis kebutuhan berisi kumpulan pertanyaan yang ditujukan kepada guru dan peserta didik untuk mengetahui bagaimana pembelajaran fisika, khususnya tentang gerak jatuh bebas, berlangsung di sekolah. Pertanyaan-pertanyaan ini bertujuan untuk memahami perilaku peserta didik saat mempelajari konsep gerak jatuh bebas. Selain itu, angket ini juga membantu mengidentifikasi media pembelajaran yang saat ini digunakan oleh guru, serta media pembelajaran yang diinginkan oleh guru dan peserta didik untuk masa depan. Kisi-kisi angket analisis kebutuhan yang diberikan kepada guru dan peserta didik dari sekolah menengah atas yang berbeda dapat dilihat pada masing-masing tabel, yaitu Tabel 4 dan 5 berikut.

Tabel 4. Kisi-kisi Angket Guru pada Analisis Kebutuhan

No	Aspek	Indikator	No. P ert an yaan
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Kurikulum	Kurikulum yang diterapkan	1, 2
		Implementasi kurikulum dalam proses pembelajaran	3

Tabel 4 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
2.	Konten	Tingkat kesulitan konsep gerak jatuh bebas	4
		Tingkat pemahaman peserta didik pada konsep gerak jatuh bebas	5
		Pengetahuan yang harus dimiliki sebelum mempelajari konsep gerak jatuh bebas	6
		Keterampilan proses sains peserta didik	7
		Metode pembelajaran yang melatih keterampilan proses sains peserta didik	8,11
3.	Media pembelajaran	Karakteristik peserta didik	12
		Media yang digunakan dalam mempelajari konsep gerak jatuh bebas	13
		Efektivitas media pembelajaran yang digunakan	14,15
		Media pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum Merdeka	17
		Ketersediaan alat gerak jatuh bebas	9
		Tingkat kepentingan alat konsep gerak jatuh bebas	10

Tabel 5. Kisi-kisi Angket Peserta Didik pada Analisis Kebutuhan

No	Aspek	Indikator	No. P ert an yaan
1.	Media Pembelajaran	Respon peserta didik terhadap pembelajaran fisika	1
		Penggunaan media dalam mempelajari konsep gerak jatuh bebas	2, 3
		Media pembelajaran yang disukai dalam mempelajari konsep gerak jatuh bebas	4
		Pelaksanaan praktikum gerak jatuh bebas	5, 6, 7, 8
		Kemenarikan pembelajaran dengan kegiatan praktikum	9
2.	Materi Pembelajaran	Fenomena gerak jatuh bebas dalam kehidupan sehari-hari	10

3.3.2 Angket Kevalidan Produk

Angket uji validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan produk alat praktikum yang dikembangkan sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran gerak jatuh bebas. Angket uji validitas ini diisi oleh tiga orang validator yang ahli di bidang materi konstruk dan media. Angket yang digunakan dalam tahap ini menggunakan *rating-scale* dengan 4 kategori penilaian dari yang tertinggi, yaitu 4, 3, 2, dan 1. Ahli dapat memberikan masukan pada bagian komentar dan saran jika merasa ada yang harus diperbaiki dari alat pada aspek materi atau media. Kisi-kisi angket kevalidan produk dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Kisi-kisi Angket Validasi Produk Alat Praktikum

No	Aspek	Indikator	No. P ert an yaan
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Materi	Seberapa baik alat peraga gerak jatuh bebas yang dikembangkan dapat membantu guru dalam menyajikan materi gerak jatuh bebas sesuai dengan kompetensi dasar?	1
		Seberapa baik alat peraga gerak jatuh bebas yang dikembangkan dapat membantu guru dalam menyajikan materi gerak jatuh bebas sesuai dengan tujuan pembelajaran?	2
		Seberapa baik alat peraga gerak jatuh bebas ini dapat membantu peserta didik untuk mempelajari konsep gerak jatuh bebas?	3

Tabel 6 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
2.	Kebermanfaatan pada keterampilan proses sains	Seberapa baik alat peraga yang dikembangkan ini dapat membantu guru untuk melatih kemampuan peserta didik dalam melakukan pengamatan pada fenomena gerak jatuh bebas?	4
		Seberapa baik alat praktikum yang dikembangkan dapat membantu peserta didik dalam menentukan variabel bebas dan variabel terikat dalam percobaan?	5
		Seberapa baik alat praktikum ini dapat membantu peserta didik merumuskan hipotesis terkait objek yang diamati?	6
		Seberapa baik alat praktikum ini dapat membantu peserta didik dalam menguji hipotesis yang telah dirumuskan melalui kegiatan percobaan?	7
		Seberapa baik alat praktikum yang dikembangkan dapat membantu peserta didik untuk mempresentasikan hasil percobaan dengan persamaan, grafik, dan tabel?	8
		Seberapa baik alat peraga ini dapat membantu peserta didik dalam menafsirkan data hasil percobaan?	9
3.	Ilustrasi	Seberapa baik alat peraga yang dikembangkan dapat memberikan visualisasi yang sesuai dengan fenomena gerak jatuh bebas?	10
		Seberapa baik alat peraga yang dikembangkan mempermudah peserta didik dalam memvisualisasikan konsep gerak jatuh bebas sesuai dengan teori?	11

Tabel 6 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
4.	Kualitas dan tampilan alat peraga	Sebaik apa tampilan alat peraga gerak jatuh bebas ini dapat membangun rasa ingin tahu peserta didik?	12
		Seberapa baik alat peraga gerak jatuh bebas yang dikembangkan mudah dioperasikan?	13
		Seberapa baik alat peraga yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk mengambil data percobaan?	14
		Seberapa baik alat peraga gerak jatuh bebas yang dikembangkan ini mudah dibawa?	15

Sistem penskoran menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) dapat dilihat seperti pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Skala Likert pada Angket Uji Validitas

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Kurang baik	2
Tidak baik	1

(Ratumanan & Laurent, 2011)

3.3.3 Angket Kepraktisan Produk

1. Angket Respon Pengguna

Angket respon pengguna diisi oleh 10 orang mahasiswa sebagai pengguna yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan mereka terkait kepraktisan dari alat praktikum gerak jatuh bebas sederhana yang telah dikembangkan. Terdapat empat aspek yang dinilai dalam angket kepraktisan produk, aspek-aspek tersebut diadaptasi dari Festiana *et al.* (2019). Angket yang digunakan dalam tahap ini menggunakan *rating-scale* dengan 4 kategori penilaian dari yang tertinggi, yaitu 4, 3, 2, dan 1. Kisi-kisi angket kepraktisan produk dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kisi-kisi Angket Respon Pengguna

No	Aspek	Indikator	No. P ert an vaan
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	<i>Usefulness</i>	Alat peraga ini dapat membantu lebih memahami konsep gerak jatuh bebas	1
		Alat peraga ini dapat membantu lebih efektif dalam mempelajari materi gerak jatuh bebas	2
		Alat peraga ini dapat melatih agar aktif dan kreatif dalam pembelajaran	3
		Alat peraga ini dapat mempermudah dalam memvisualisasikan gerak jatuh bebas	4
		Alat peraga ini dapat meminimalisir salah konsep tentang gerak jatuh bebas	5
2.	<i>Ease of Use</i>	Alat peraga ini mudah digunakan	6
		Alat peraga ini praktis digunakan	7
		Alat peraga ini nyaman digunakan	
		Alat peraga ini mudah dibawa	
3.	<i>Ease of Learning</i>	Alat peraga ini mudah untuk dipelajari cara penggunaannya	8
		Alat peraga ini dilengkapi dengan LKPD yang sangat membantu	9
		Saya mudah mengingat bagaimana cara menggunakan alat praktikum ini dengan baik	10
		Saya dapat terampil menggunakan alat peraga ini dengan cepat	11
4.	<i>Satisfaction</i>	Alat peraga ini memiliki tampilan yang menarik	12
		Alat peraga ini bekerja dengan baik	13
		Alat peraga ini menyenangkan untuk digunakan	14
		Alat peraga ini dapat digunakan untuk mengambil data percobaan dengan baik	15
		Hasil analisis data percobaan alat peraga ini sesuai dengan teori	16
		Saya puas dengan alat peraga ini, dan merekomendasikan alat peraga ini dalam pembelajaran	17

Sistem penskoran menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) dapat dilihat seperti pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Kurang baik	2
Tidak baik	1

(Ratumanan & Laurent, 2011)

2. Angket Keberfungsian

Angket uji keberfungsian bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan a produk alat praktikum yang dikembangkan sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang praktis. Angket uji keberfungsian ini diisi oleh tiga orang validator yang ahli di bidang materi konstruk dan media. Angket berisi pernyataan keberfungsian komponen alat praktikum yang dikembangkan. Kisi-kisi angket keberfungsian produk dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kisi-kisi Angket Keberfungsian

No	Pernyataan
1.	Saat USB port dihubungkan ke laptop, layar LCD dapat menampilkan berkas sensor.
2.	Saat tombol power ditekan, motor servo dapat membuka kaca penghalang agar benda dapat jatuh secara otomatis
3.	saat tombol power ditekan, sensor ultrasonic dapat langsung mendeteksi ketinggian (h) yang ditampilkan pada layar LCD.
4.	Saat bola jatuh hingga ke wadah, sensor obstacle/infrared dan dapat mendeteksi hasil perhitungan yang ditampilkan pada layar LCD berupa waktu (t).
5.	Kesesuaian pengukuran alat dengan konsep gerak jatuh bebas

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini yaitu dengan cara menganalisis hasil uji validitas, praktikalitas dan efektivitas terhadap produk yang dikembangkan.

3.4.1 Analisis Data Uji Validitas

Data uji validitas pertama diperoleh melalui angket uji ahli materi serta angket uji ahli dan media yang diisi oleh validator. Instrumen yang digunakan memiliki empat kriteria pilihan jawaban, yang dianalisis dengan persentase (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{Jumlah Jawaban Benar}}{\sum \text{Jumlah Jawaban}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh dari hasil uji validitas kemudian dikonversi agar diketahui kriterianya. Pengkonversian skor diadaptasi dari Arikunto (2011) seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi Skor Penilaian Uji Validitas

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Validitas sangat rendah/tidak baik
20,1% – 40%	Validitas rendah/kurang baik
40,1% – 60%	Validitas sedang/cukup baik
60,1% – 80%	Validitas tinggi/baik
80,1% – 100%	Validitas sangat tinggi/sangat baik

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 11, peneliti memberikan batasan terhadap produk yang dikembangkan bahwa kategori valid apabila dapat mencapai skor minimal 60,1% yaitu kriteria validitas tinggi/ baik.

3.4.2 Analisis Data Uji Kepraktisan

1. Respon Pengguna

Data uji dapat diperoleh dari angket yang diisi oleh mahapeserta didik sebagai pengguna yang terdiri dari 4 aspek penilaian yaitu *usefulness*, *ease of use*, *ease of learning*, dan *satisfaction*.

Analisis angket tersebut menggunakan analisis persentase oleh (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh kemudian akan dikonversi agar diketahui kriterianya dengan pengkonversian skor penilaian yang diadaptasi dari Arikunto (2011) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Konversi Skor Uji Kepraktisan

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Kepraktisan sangat rendah/tidak baik
20,1% – 40%	Kepraktisan rendah/kurang baik
40,1% – 60%	Kepraktisan sedang/cukup baik
60,1% – 80%	Kepraktisan tinggi/baik
80,1% – 100%	Kepraktisan sangat tinggi/sangat baik

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 12, peneliti memberikan batasan bahwa produk yang dikembangkan bahwa kategori praktis apabila dapat mencapai skor minimal 60,1% yaitu kriteria kepraktisan tinggi/baik.

2. Uji Keberfungsian

Analisis data keberfungsian yang dimaksud untuk mengetahui keberfungsian produk yang diperoleh dari tiga validator. Hasil jawaban pada angket akan dianalisis menggunakan analisis persentase berdasarkan rumus menurut Sudjana (2005) sebagai berikut.

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh dari hasil uji keberfungsian kemudian dikonversi agar diketahui kriterianya. Pengkonversian skor diadaptasi dari Arikunto (2011) seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Konversi Skor Penilaian Uji Keberfungsian

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Keberfungsian sangat rendah/tidak baik
20,1% – 40%	Keberfungsian rendah/kurang baik
40,1% – 60%	Keberfungsian sedang/cukup baik
60,1% – 80%	Keberfungsian tinggi/baik
80,1% – 100%	Keberfungsian sangat tinggi/sangat baik

Berdasarkan Tabel 13, peneliti memberikan batasan terhadap produk yang dikembangkan bahwa kategori berfungsi apabila dapat mencapai skor minimal 60,1% yaitu kriteria keberfungsian tinggi/ baik.

3.4.3 Analisis Data Uji Efektifitas

Analisis data penilaian ini dibutuhkan untuk melatih keterampilan proses sains peserta didik berdasarkan dengan percobaan yang dilakukan menggunakan alat praktikum.

Hasil penilaian analisis keterampilan proses sains dengan menggunakan rumus:

$$NP = \frac{\sum NI}{SM} \times 100\%$$

(Trianto, 2010)

Keterangan: NP = Nilai yang dicari
 $\sum NI$ = Jumlah indikator yang muncul
 SM = Jumlah skor indikator maksimal

Nilai persen yang diperoleh dikonversikan dengan kategori penilaian keterampilan proses sains. Kategori penilaian keterampilan proses sains dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Konversi Skor Kategori Penilaian Keterampilan Proses Sains

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Sangat Kurang
20,1% – 40%	Kurang
40,1% – 60%	Cukup
60,1% – 80%	Baik
80,1% – 100%	Sangat Baik

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain alat praktikum yang dikembangkan memungkinkan peserta didik melakukan percobaan gerak jatuh bebas secara langsung dan terukur. Alat ini dilengkapi dengan sensor *obstacle* guna mendeteksi waktu jatuh benda secara otomatis yang dirancang untuk mempermudah pelaksanaan pembelajaran praktikum.
2. Alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* dinilai berdasarkan 4 aspek yaitu materi, kebermanfaatan pada proses sains, ilustrasi, serta kualitas dan tampilan alat praktikum. Berdasarkan 4 aspek tersebut diperoleh nilai rata rata akhir sebesar 0.85 yang dipersentasekan menjadi 85% dengan kategori validitas sangat tinggi.
3. Kepraktisan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* dinilai berdasarkan dua uji yaitu respon pengguna dan uji keberfungsian. Hasil yang diperoleh pada uji respon pengguna yaitu 84% dan pada uji keberfungsian yaitu 91%. Hal tersebut menunjukkan bahwa alat praktikum yang dikembangkan dinyatakan sangat praktis.
4. Keefektifan pada alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* dinilai berdasarkan hasil belajar peserta didik dengan indikator keterampilan proses sains, di mana pada hasil rekapitulasi nilai peserta didik diperoleh skor rata rata 84%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan berdasarkan kesimpulan ini adalah sebagai berikut.

1. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menambahkan keterangan *output* berupa kecepatan pada layar LCD.
2. Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan sistem digital berbasis aplikasi atau IoT agar data pengamatan lebih *real-time* dan mudah dianalisis, serta menguji efektivitas alat pada peningkatan keterampilan proses sains melalui eksperimen dalam skala kelas yang lebih luas.
3. Diharapkan calon guru fisika dapat memanfaatkan alat praktikum *free-fall motion* berbantuan sensor *obstacle* ini sebagai media pembelajaran inovatif yang dapat melatih keterampilan proses sains peserta didik. Calon guru juga diharapkan mampu mengintegrasikan teknologi dengan materi fisika lainnya sehingga pembelajaran menjadi lebih konkret, menarik, dan relevan dengan perkembangan teknologi saat ini.
4. Peserta didik diharapkan dapat memanfaatkan alat praktikum ini untuk meningkatkan pemahaman konsep gerak jatuh bebas secara mendalam melalui kegiatan praktikum langsung. Selain itu, peserta didik juga dapat melatih keterampilan proses sains seperti mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, dan menginterpretasikan data secara sistematis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abi, A., Sari, R., & Nugroho, E. (2020). Manfaat Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Interaksi dan Motivasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran*, 12(2), 101-110.
- Abidin, Z. (2017). *Media Pembelajaran: Teori dan Aplikasi dalam Pendidikan*. Jakarta: PrenadaMedia Group.
- Akbar, M., Santoso, D., & Rahman, A. (2021). Penggunaan Sensor dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Gerak. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(2), 123-130.
- Antrakusuma, R., Wijaya, D., & Nugroho, H. (2017). Indikator Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*, 12(1), 34-41.
- Arsyad, A. (2019). *Media Pembelajaran*. Depok: Rajawali Pers.
- Ates, S., & Eryilmaz, A. (2011). The Effect of Minds-On Activities on Students' Understanding of Scientific Concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 259-268.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Azhar, A. (2007). *Media Pembelajaran: Konsep, Teori, dan Aplikasi*. Bandung: Pustaka Setia.
- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational Research: An Introduction* (4th ed.). New York: Longman.
- Bruner, J. S. (1961). *The Act of Discovery*. Harvard Educational Review, 31(1), 21-32.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1980). Evaluating the Learning of Science: The Role of the Student's Conceptual Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(2), 119-137.

- Chiappetta, E. L., & Koballa, T. R. (2002). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Festiana, R., Andini, N., & Nugraha, A. (2019). Penilaian Kepraktisan Alat Praktikum Pembelajaran: Sebuah Studi Kasus. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 10(2), 105-112.
- Gagne, R. M. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Handayani, F. (2022). Tantangan Pembelajaran Daring di Masa Pandemi: Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 15(1), 45-52.
- Herlambang, Y., Wijaya, A., & Putri, M. (2023). Peningkatan Efektivitas Pembelajaran melalui Penggunaan Teknologi Visualisasi Konsep. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 35(2), 67-75.
- Huang, R., Spector, J. M., & Yang, J. (2020). *Educational Technology: A Primer for the 21st Century*. Cham: Springer.
- Irwanto, I., Putri, N., & Rahmat, A. (2020). Implementasi Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran untuk Penguatan Konsep Sains. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 14(1), 89-96.
- Jhoni, M., Rahman, A., & Sari, D. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Arduino UNO R3 pada Materi Gerak Jatuh Bebas. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(3), 115-122.
- Karo, M. (2018). *Media Pembelajaran: Teori dan Praktik*. Jakarta: PrenadaMedia Group.
- Kartono, K. (2010). *Metode Pembelajaran Aktif: Hands-on Activity dalam Pendidikan Matematika*. Jakarta: PrenadaMedia Group.
- Mariyam, N. (2015). The Role of Practical Activities in Enhancing Students' Learning Experiences. *Journal of Education and Practice*, 6(10), 121-126.
- Mastuang, A., Rahayu, S., & Setiawan, D. (2020). Peran Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Kreativitas Guru dan Kemampuan Berpikir Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(1), 78-85.
- Mayer, R. E. (1999). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McDermott, L. C. (1991). How Students Learn: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 51-62.

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Munatzir, M., Suyanto, S., & Safitri, R. (2019). Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Sains: Membangun Koneksi antara Sains dan Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 7(2), 115-123.
- Nieveen, N. (1999). *Prototyping to Reach Product Quality*. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (pp. 125–135). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Piaget, J. (1972). *The Psychology of The Child*. New York: Basic Books.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2010). *Educational Design Research*. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Design Research*. Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Priyani, E., & Nawawi, M. (2020). Pentingnya Keterampilan Proses Sains dalam Pengembangan Pemahaman dan Pengambilan Keputusan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 18(1), 45-53.
- Qomariah, N., & Wirawan, R. (2018). *Aplikasi Sensor Infrared dan Arduino UNO untuk Alat Praktikum Sederhana Gerak Jatuh Bebas*. Dalam *Prosiding PKM-CSR* (hal. 101-108).
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research*. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (pp. 1099-1130). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rogers, C. R. (1969). *Freedom to Learn: A View of What Education Might Become*. Columbus, OH: Charles Merrill.
- Rosdianto, H. (2018). Pengembangan Alat Praktikum Fisika Berbasis Sensor Obstacle untuk Pembelajaran Gerak. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 14(3), 89-97.
- Rosdianto, H. (2018). Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas dengan Stopwatch Otomatis Sederhana. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 6(1), 32-40.
- Rustaman, N. Y., Zubaidah, S., & Surya, E. (2003). Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 1(2), 45-53.
- Rustaman, N. Y. (2021). Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah dalam Pendidikan Sains. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 15(1), 45-53.

- Sa'adah Nailis, & Prabowo. (2021). Pengembangan Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis Sensor Proximity pada Materi Getaran Harmonis untuk Peserta Didik SMA Kelas X. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 145-152.
- Santoso, B., & Rahman, F. (2021). Keterlibatan Peserta Didik dalam Eksperimen Sains: Dampak pada Keterampilan Tim dan Pemikiran Kreatif. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 19(3), 120-128.
- Semiawan, C. A., Zubaidah, S., & Suherman, E. (1989). Keterampilan Proses Sains dalam Pengembangan Pengetahuan Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 2(1), 12-20.
- Setiawan, I., Rahmawati, D., & Nugraha, A. (2022). Pengaruh Penggunaan Teknologi dalam Pembelajaran terhadap Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 28(1), 45-52.
- Setyawarno, E., Pratiwi, N., & Handayani, W. (2020). Keterampilan Proses Sains: Cerminan Metode Ilmuwan dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(1), 55-63.
- Siemens, G. (2005). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3-10.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and Human Behavior*. New York: Macmillan.
- Sosmaria, R., Kamdi, A., & Supriyadi, S. (2020). Pengaruh Hands-on Activity terhadap Penguasaan Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 22(1), 75-83.
- Suryadi, A., & Firdaus, M. (2022). Menciptakan Pengalaman Belajar yang Bermakna untuk Meningkatkan Partisipasi Peserta Didik dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan dan Inovasi*, 20(2), 100-108.
- Tawil, N. H., Hassan, S., & Ahmad, R. (2014). Penerapan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran: Tantangan dan Solusi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 6(1), 55-62.
- Uki, D., Ramadhani, E., & Pratiwi, N. (2017). Karakteristik Pembelajaran Kontekstual dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 15(3), 210-218.
- Viennot, L. (1979). Didactical Design in the Teaching of Mechanics: The Case of Free Fall. *European Journal of Physics*, 1(1), 24-32.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Zainuddin, Z., Rahman, A., & Sari, R. (2023). Penggunaan Teknologi dalam Pembelajaran Sains: Dampaknya terhadap Keterampilan Proses Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 21(1), 78-86.

Zulfi, M., Rahman, A., & Sari, D. (2022). Penggunaan Sinar Inframerah dalam Sistem Deteksi: Prinsip dan Aplikasi. *Jurnal Teknologi dan Sains*, 14(2), 105-112.