

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK  
BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN  
APLIKASI *PHYPHOX* UNTUK MENINGKATKAN  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI  
GELOMBANG BUNYI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna Memenuhi Sebagian Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan  
dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh:

**SALSABILA NURUL AFWA**

NIM. 2108066002

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2025**

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK  
BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN  
APLIKASI *PHYPHOX* UNTUK MENINGKATKAN  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI  
GELOMBANG BUNYI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna Memenuhi Sebagian Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan  
dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh:

**SALSABILA NURUL AFWA**

NIM. 2108066002

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2025**

### **PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salsabila Nurul Afwa

NIM : 2108066002

Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 24 Juni 2025

Pembuat Pernyataan



Salsabila Nurul Afwa

NIM. 2108066002



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat: Jln Prof. Dr. Hamka Km 1, Semarang Telp. 02476433366 Semarang 50185  
Email: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id) Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

**PENGESAHAN**

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

Penulis ; Salsabila Nurul Afwa

NIM ; 2108066002

Prodi ; Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 04 Juni 2025

**DEWAN PENGUJI**

Penguji I,

**Dr. Andi Fadlan, S.Si., M.Sc.**  
NIP: 198009152005011006

Penguji II,

**Qisthi Fariyani, M. Pd.**  
NIP: 198912162019032017

Penguji III,

**Arsini, M. Sc.**  
NIP: 19840812201101201

Penguji IV,

**Dr. Susilawati, M.Pd.**  
NIP: 198605122019032010

Pembimbing I,

**Dr. Andi Fadlan, S.Si., M.Sc.**  
NIP: 198009152005011006

Pembimbing II,

**Sheilla Rully Anggita, M.Si.**  
NIP: 199005052019032017



## PERSETUJUAN PEMBIMBING

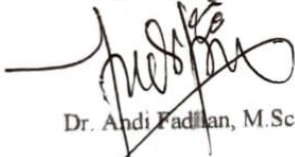
Proposal skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk dilaksanakan.

Disetujui pada

Hari : Selasa

Tanggal : 7 Januari 2025

Pembimbing I



Dr. Andi Fadlan, M.Sc.

NIP.198009152005011006

Pembimbing II

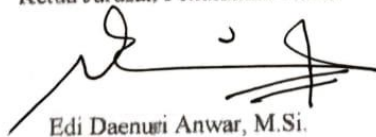


Sheilla Rully Anggita, M.Si.

NIP. 199005052019032017

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pendidikan Fisika



Edi Daenuri Anwar, M.Si.

NIP.197907262009121002

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

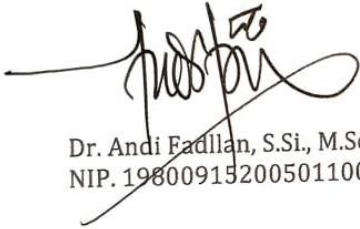
Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan.

Disetujui pada :

Hari : *Senin*

Tanggal : *23 Juni 2025*

Pembimbing I



Dr. Andi Fadlan, S.Si., M.Sc  
NIP. 198009152005011006

Pembimbing II



Sheilla Rully Anggita, M.Si.  
NIP. 199005052019032017

Mengetahui :  
Ketua Program Studi  
Pendidikan Fisika



Edi Daenuri Anwar, M. Si.

## NOTA DINAS

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamualaikum wr. Wb*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

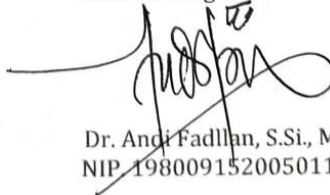
NIM : 2108066002

Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah

*Wassalamualaikum wr. wb.*

Pembimbing I



Dr. Andi Fadllan, S.Si., M.Sc  
NIP. 198009152005011006

## NOTA DINAS

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamualaikum wr. Wb*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

NIM : 2108066002

Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah

*Wassalamualaikum wr. wb.*

Pembimbing II



Sheilla Kully Anggita, M.Si.  
NIP. 199005052019032017

## ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan produk berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan model 4D. Subjek penelitian pada peserta didik di SMA Negeri 13 Semarang dengan menggunakan dua sampel yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen diberi perlakuan dengan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* sedangkan kelas kontrol diberi perlakuan dengan LKPD yang hanya berisi latihan soal. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik angket dan tes. Kearifan lokal yang dimasukkan dalam LKPD berupa aplikasi gamelan berbantuan aplikasi *phyphox*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dinyatakan layak dengan persentase masing-masing sebesar 91,8% pada aspek materi dan 91,6% pada aspek media. Hasil respons peserta didik mendapatkan kategori sangat baik dengan persentase sebesar 93,3%. Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen setelah menggunakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi mendapatkan skor N-Gain sebesar 0,42 dengan kategori sedang.

Kata Kunci: LKPD, Kearifan Lokal, *Phyphox*, Berpikir Kritis

## **DAFTAR ISI**

|                                              |             |
|----------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL.....</b>                    | <b>ii</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>             | <b>iii</b>  |
| <b>PENGESAHAN .....</b>                      | <b>iv</b>   |
| <b>PERSETUJUAN PEMBIMBING.....</b>           | <b>v</b>    |
| <b>PERSETUJUAN PEMBIMBING.....</b>           | <b>vi</b>   |
| <b>NOTA DINAS.....</b>                       | <b>vii</b>  |
| <b>NOTA DINAS.....</b>                       | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRAK.....</b>                          | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                       | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                    | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                     | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                 | <b>xv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                   | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>               | <b>1</b>    |
| A. Latar Belakang .....                      | 1           |
| B. Identifikasi Masalah .....                | 11          |
| C. Batasan Masalah.....                      | 12          |
| D. Rumusan Masalah .....                     | 12          |
| E. Tujuan Penelitian.....                    | 13          |
| F. Manfaat Penelitian.....                   | 13          |
| G. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan..... | 14          |
| H. Asumsi Pengembangan .....                 | 15          |
| <b>BAB II LANDASAN PUSTAKA .....</b>         | <b>17</b>   |

|                                         |                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
| A.                                      | Kajian Teori.....                       | 17        |
| 1.                                      | Kemampuan Berpikir Kritis .....         | 17        |
| 2.                                      | Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) ..... | 23        |
| 3.                                      | Kearifan Lokal.....                     | 27        |
| 4.                                      | Aplikasi <i>Phyphox</i> .....           | 30        |
| 5.                                      | Materi Gelombang Bunyi.....             | 34        |
| B.                                      | Kajian Pustaka.....                     | 53        |
| C.                                      | Kerangka Berpikir .....                 | 55        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>  |                                         | <b>58</b> |
| A.                                      | Pendekatan Penelitian .....             | 58        |
| B.                                      | Model Pengembangan .....                | 58        |
| C.                                      | Prosedur Pengembangan .....             | 59        |
| D.                                      | Uji Coba Produk.....                    | 65        |
| 1.                                      | Desain Uji Coba .....                   | 65        |
| 2.                                      | Subjek Penelitian.....                  | 65        |
| 3.                                      | Jenis Data .....                        | 66        |
| 4.                                      | Instrumen Pengumpulan Data .....        | 66        |
| 5.                                      | Teknik Analisis Data .....              | 67        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |                                         | <b>78</b> |
| A.                                      | Hasil Pengembangan Produk Awal.....     | 78        |
| B.                                      | Validasi Produk .....                   | 80        |
| C.                                      | Revisi Produk .....                     | 83        |
| D.                                      | Hasil Uji Coba Lapangan .....           | 87        |

|                             |                              |            |
|-----------------------------|------------------------------|------------|
| E.                          | Penyebaran Produk.....       | 94         |
| F.                          | Pembahasan.....              | 95         |
| G.                          | Keterbatasan Penelitian..... | 104        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>   |                              | <b>106</b> |
| A.                          | Simpulan.....                | 106        |
| B.                          | Saran.....                   | 107        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> |                              | <b>108</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>        |                              | <b>121</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Tampilan aplikasi <i>phyphox</i> .....        | 33 |
| Gambar 2. 2 Pembiasan gelombang.....                      | 42 |
| Gambar 2. 3 Pembiasan gelombang bunyi pada siang hari.... | 43 |
| Gambar 2. 4 Pembiasan gelombang bunyi pada malam hari .   | 44 |
| Gambar 2. 5 Pelayangan gelombang.....                     | 41 |
| Gambar 2. 6 Pola gelombang stasioner pada dawai.....      | 47 |
| Gambar 2. 7 Pipa organa dengan dua ujung terbuka.....     | 49 |
| Gambar 2. 8 Pipa organa tertutup.....                     | 50 |
| Gambar 2. 9 Kerangka Berpikir .....                       | 57 |
| Gambar 3. 1 Prosedur Pengembangan LKPD .....              | 59 |
| Gambar 4. 1 Desain Rancangan Awal Kegiatan 1 .....        | 79 |
| Gambar 4. 2 Hasil Revisi Produk.....                      | 83 |
| Gambar 4. 3 Hasil Revisi Produk.....                      | 83 |
| Gambar 4. 4 Hasil Revisi Produk.....                      | 84 |
| Gambar 4. 5 Hasil Revisi Produk.....                      | 84 |
| Gambar 4. 6 Hasil Revisi Produk.....                      | 85 |
| Gambar 4. 7 Hasil Revisi Produk.....                      | 86 |
| Gambar 4. 8 Disseminasi Produk.....                       | 95 |

## DAFTAR TABEL

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Indikator keterampilan berpikir kritis .....      | 20 |
| Tabel 3. 1 Skor penilaian validasi ahli .....                | 68 |
| Tabel 3. 2 Kriteria penilaian ideal .....                    | 69 |
| Tabel 3. 3 Kategori respons peserta didik .....              | 70 |
| Tabel 3. 4 Kriteria daya beda soal .....                     | 72 |
| Tabel 3. 5 Kriteria tingkat kesukaran butir soal .....       | 73 |
| Tabel 3. 6 Kriteria skor N-Gain .....                        | 77 |
| Tabel 4. 1 Hasil Validasi Ahli Materi .....                  | 80 |
| Tabel 4. 2 Masukan dan Saran dari Validator Ahli Materi .... | 81 |
| Tabel 4. 3 Hasil Validasi Ahli Media.....                    | 81 |
| Tabel 4. 4 Masukan dan Saran dari Validator Ahli Media.....  | 82 |
| Tabel 4. 5 Hasil Validitas Soal.....                         | 88 |
| Tabel 4. 6 Hasil Daya Beda Soal.....                         | 89 |
| Tabel 4. 7 Analisis Tingkat Kesukaran Butir Soal.....        | 90 |
| Tabel 4. 8 Hasil Analisis Uji Normalitas .....               | 90 |
| Tabel 4. 9 Analisis Paired Samples t-test.....               | 91 |
| Tabel 4. 10 Hasil Analisis Respons Peserta Didik .....       | 92 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Hasil wawancara dengan guru .....                      | 121 |
| Lampiran 2 Draft Awal Rancangan LKPD .....                        | 125 |
| Lampiran 3 Penilaian Validasi Ahli Materi .....                   | 155 |
| Lampiran 4 Hasil Penilaian Validasi Ahli Media.....               | 170 |
| Lampiran 5 Kisi-kisi Uji Coba Soal .....                          | 180 |
| Lampiran 6 Soal Tes Uji Coba .....                                | 191 |
| Lampiran 7 Jawaban Uji Coba Soal .....                            | 195 |
| Lampiran 8 Analisis Hasil Uji Coba Soal .....                     | 198 |
| Lampiran 9 Kartu Soal .....                                       | 200 |
| Lampiran 10 Lembar Jawaban <i>Pre Test</i> Kelas Eksperimen.....  | 206 |
| Lampiran 11 Lembar Jawaban <i>Post Test</i> Kelas Eksperimen .... | 208 |
| Lampiran 12 Lembar Jawaban <i>Pre Test</i> Kelas Kontrol .....    | 210 |
| Lampiran 13 Lembar Jawaban <i>Post Test</i> Kelas Kontrol .....   | 213 |
| Lampiran 14 Analisis Uji Homogenitas Soal.....                    | 216 |
| Lampiran 15 Analisis Uji Normalitas Soal .....                    | 217 |
| Lampiran 16 Analisis Uji Paired Sample T-Test .....               | 218 |
| Lampiran 17 Analisis Uji N-Gain .....                             | 219 |
| Lampiran 18 Angket Respons Peserta Didik.....                     | 221 |
| Lampiran 19 Analisis Angket Respons Peserta Didik .....           | 223 |
| Lampiran 20 LKPD Kelas Eksperimen.....                            | 224 |
| Lampiran 21 LKPD Kelas Kontrol .....                              | 227 |
| Lampiran 22 Surat Riset.....                                      | 231 |
| Lampiran 23 Surat Telah Melaksanakan Penelitian .....             | 232 |
| Lampiran 24 Surat Pengesahan Seminar Proposal.....                | 233 |
| Lampiran 25 Surat Penunjukkan Dosen Pembimbing.....               | 234 |
| Lampiran 26 Surat izin pra riset dan observasi .....              | 235 |
| Lampiran 27 Surat telah melaksanakan pra riset dan observasi      | 236 |
| Lampiran 28 Surat Penunjukan Dosen Validator .....                | 237 |
| Lampiran 29 Dokumentasi .....                                     | 238 |

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas limpahan rahmat, karunia, serta inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengembangan LKPD Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Saw., suri teladan umat manusia, yang telah membimbing umatnya dari zaman kebodohan menuju peradaban yang terang benderang dengan ilmu dan iman.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari tantangan dan hambatan, baik dari segi teknis maupun non-teknis. Berkat pertolongan Allah Swt. serta dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini akhirnya dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa, baik secara langsung maupun tidak langsung,

dalam proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Nizar, M.Ag., selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Edi Daenuri Anwar, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
4. Dr. Susilawati, M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
5. Dr. Andi Fadllan, S.Si., M.Sc. dan Sheilla Rully Anggita, M.Si. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi dalam setiap tahap penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan dibalas dengan limpahan rahmat dan keberkahan oleh Allah Swt.
6. Dr. Joko Budi Purnomo, M.Pd. selaku dosen wali yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan selama proses studi.
7. Segenap dosen, staf, dan seluruh civitas akademika Fakultas Sains dan Teknologi, khususnya dosen Program Studi Pendidikan Fisika UIN Walisongo Semarang.

8. Kepala SMA Negeri 13 Semarang, beserta guru pengampu mata pelajaran fisika yaitu Lutfita Mukharotun, M.Pd. yang telah memberikan izin ruang, serta pendampingan yang sangat berarti dalam kelancaran proses penelitian ini.
9. Kedua orang tua tercinta yang tidak pernah lelah menjadi sandaran semangat dan sumber kekuatan dalam setiap langkah. Doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tak terukur, serta bantuan moral dan materi yang tak ternilai adalah cahaya yang selalu menerangi jalan penulis hingga titik ini. Semoga Allah Swt. membalas dengan keberkahan dan kesehatan yang tak terputus.
10. Keluarga besar Mbah Nasukha dan Mbah Abdul Jalil atas segala doa dan dukungan yang menjadi penyemangat dalam perjalanan akademik ini.
11. Seluruh rekan kelas Pendidikan Fisika A angkatan 2021, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis dengan segala warna-warni kebersamaan.
12. Seluruh keluarga di Ma'had Ulil Albab wabil khusus abah muhayya atas panjatan do'anya serta seluruh kawan santri di Ma'had Ulil Albab, yang terus memberikan semangat kepada peneliti dalam menempuh pendidikan ini.
13. Sahabat Reinanda Pramudita, Lailatul Fitriyah, Nadia Ayu, Isna Nur Alfi, Arifah Riana, Hardi, Lailatul Khodriyah dan Nadia Rahma yang selalui memberikan dukungan dan do'a serta setia kebersamai dalam penyelesain penulisan skripsi.

14.Seluruh pihak yang telah membantu dan berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan yang diberikan memperoleh balasan terbaik dari Allah Swt.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik dalam pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai referensi dalam bidang pendidikan fisika, khususnya dalam pengembangan LKPD berbasis kearifan local untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Semarang, 24 Juni 2025  
Penulis

Salsabila Nurul Afwa  
NIM 2108066002

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kurikulum merdeka belajar telah menjadi langkah penting untuk meningkatkan kualitas di berbagai institusi pendidikan di Indonesia. Kurikulum ini memungkinkan peserta didik memilih dan mengejar minat dan bakat mereka sendiri, memberikan lebih banyak fleksibilitas dalam proses pembelajaran (Mobonggi & Hakeu, 2023). Kurikulum merdeka belajar mendorong partisipasi aktif peserta didik, meningkatkan motivasi belajar, dan merangsang kreativitas peserta didik dengan memberikan kontrol yang lebih besar kepada peserta didik atas proses pembelajaran mereka (Shofia Hattarina et al., 2022). Metode pembelajaran yang digunakan pada kurikulum merdeka dengan metode yang lebih interaktif dan berorientasi pada proyek sehingga berkembangnya kemampuan berpikir kritis, kreatif dan pemecahan masalah yang merupakan aspek penting dalam peningkatan mutu pendidikan (Handayani, 2023).

Konsep kurikulum merdeka yang menekankan pembelajaran aktif dan berorientasi pada peserta didik, namun hasil yang ditemukan di salah satu sekolah SMA Negeri di Semarang masih menggunakan pembelajaran yang berpusat pada guru. Berdasarkan hasil wawancara di SMA Negeri 13 Semarang menunjukkan bahwa model pembelajaran di SMA

Negeri 13 Semarang masih menggunakan diskusi dan tanya jawab serta bahan ajar yang digunakan masih menggunakan LKS yang dikeluarkan oleh penerbit & PPT. Peserta didik selama proses pembelajaran juga tidak diberikan kegiatan yang mengasah kemampuan berpikir kritis seperti peserta kegiatan praktikum (Wawancara, 19 Desember 2024). Kegiatan praktikum merupakan komponen penting dalam pembelajaran fisika sehingga kemampuan berpikir kritis mampu meningkat (W. A. Putri et al., 2022).

Data PISA 2022 menunjukkan penurunan skor rata-rata pada ketiga bidang yang diuji, yaitu literasi membaca, matematika, dan sains. Penurunan skor ini mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih perlu ditingkatkan secara signifikan. Peserta didik masih kesulitan dalam menganalisis informasi secara mendalam, memecahkan masalah yang kompleks, dan membuat kesimpulan yang logis berdasarkan bukti nyata. Hal ini dapat dilihat dari skor literasi membaca hanya mencapai 359 (skala 0-1000), skor matematika 366, dan skor sains 383. Skor ini masih berada di bawah rata-rata OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*), yang berarti peserta didik Indonesia masih kurang mampu menerapkan pengetahuan dan kemampuan mereka dalam konteks kehidupan sehari-hari (Pers, 2023).

Bahan ajar dibutuhkan untuk dapat meningkatkan keaktifan dan sarana mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebagai merupakan bahan ajar dengan dirancang untuk membantu pembelajaran secara aktif, dimana pada prosesnya peserta didik tidak hanya mendapatkan informasi dari guru tetapi juga aktif mencari, mengolah, dan memperoleh pengetahuan secara mandiri (Fauziah et al., 2022).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah bahan ajar dalam bentuk cetak memuat penjelasan, rangkuman, dan penugasan yang harus diselesaikan oleh peserta didik untuk menyelesaikan masalah dan mengidentifikasi konsep-konsep penting agar selaras dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan (Sarina, 2023). Adanya LKPD dapat mempermudah dan mengefisiensi waktu sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif serta menarik minat siswa dalam belajar (Suryaningsih & Nurlita, 2021).

LKPD dapat dibuat untuk berbagai tujuan dalam pembelajaran. Salah satu fungsinya agar kemampuan berfikir kritis peserta didik meningkat. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan E-LKPD berbasis STEM sangat efektif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik sebesar 86,5% disetiap indikator kemampuan berpikir kritis terdapat peningkatan yang signifikan (Margaretha, 2024).

Kemampuan berpikir kritis tidak hanya dapat ditingkatkan dengan LKPD. Namun, bisa juga berupa pengenalan masalah sehari-hari di lingkungan sekitar, yang membantu peserta didik membangun konsep secara mandiri (Annisha, 2024). Peserta didik tidak hanya menerima konsep secara pasif, tetapi juga aktif terlibat dalam mendapatkan konsep tersebut. Pembelajaran dengan mengkaitkan lingkungan sekitar tidak hanya mendapatkan suatu pengetahuan, tetapi juga melatih peserta didik sikap pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan kemampuan berpikir kritis akan meningkat (Budiarti & Airlanda, 2019).

Pembelajaran yang diintegrasikan dengan kearifan lokal di lingkungan sekolah dapat menciptakan pembelajaran yang bukan hanya memberi peserta didik pengetahuan tetapi juga memupuk kecintaan mereka terhadap keberagaman lokal di lingkungan mereka (Rummar, 2022). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai-nilai kearifan lokal digunakan sebagai bahan dalam kegiatan pembelajaran (Rahmatih et al., 2020). Peserta didik akan mendapatkan pengalaman belajar yang relevan, kontekstual, dan terpadu sesuai dengan tujuan kurikulum merdeka. Berdasarkan studi terdahulu menunjukkan pembelajaran yang terintegrasi kearifan lokal mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI, dibuktikan dengan skor N-Gain sebesar 0,52 (Atiqoh et al., 2024).

Kearifan lokal telah diintegrasikan dalam LKPD terbukti efektif pada peningkatan hasil belajar peserta didik dibuktikan dengan skor N-Gain sebesar 0,64 (Fuadi, 2023). Adanya LKPD yang diintegrasikan dengan nilai, budaya, tradisi dan pengetahuan budaya lokal dapat meningkatkan pengetahuan siswa serta penanaman karakter serta membekali peserta didik dalam menghadapi permasalahan diluar sekolah yang sesuai dengan harapan kurikulum merdeka (Shufa, 2018).

Kearifan lokal Indonesia dapat ditemukan dalam budaya, kesenian, adat istiadat yang bereka ragam dari sabang sampai merauke. Keberagaman kebudayaan Indonesia dapat ditunjukkan salah satunya dengan kesenian seperti musik yang menjadi identitas suatu daerah, setiap budaya di Indonesia memiliki ciri khas yang membedakannya. Nilai-nilai yang terkandung dalam kesenian lokal menjadi identitas unik bagi setiap daerah di Indonesia. Latar belakang sosial-budaya yang berbeda-beda melahirkan karya seni dengan karakteristik estetika yang khas (Sumerjana, 2020).

Bentuk kearifan lokal kesenian Indonesia yang dimiliki salah satunya musik gamelan jawa. Menurut Suwaji Bastomi (1992, dalam Kristanto, 2020) gamelan merupakan permainan musik tradisional yang menggunakan alat perkusi yang terbuat dari perunggu. Gamelan merupakan wujud perpaduan antara ilmu pengetahuan seperti etnomusikologi, fisika dan matematika berbasis kearifan lokal jenius. Pada bidang fisika

gamelan dapat dikaitkan dengan materi gelombang bunyi (Sumerjana, 2020).

Kearifan lokal dengan nilai-nilai yang terkandung di dalamnya dapat diintegrasikan dalam pembelajaran yang terkesan abstrak dan sulit. Salah satunya adalah pelajaran fisika. Fisika sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan memiliki peran besar dalam kehidupan manusia. Fisika merupakan ilmu yang mempelajari segala sesuatu di alam semesta, mulai dari benda-benda yang terkecil hingga yang terbesar. Fisika menggunakan metode ilmiah yang sistematis mulai dari mengamati, melakukan eksperimen, dan menganalisis data untuk menemukan jawaban atas pertanyaan tentang alam semesta (Masita et al., 2020).

Pembelajaran fisika di tingkat SMA sangat penting dikarenakan kemampuan berpikir untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Permendikbud No.59 Tahun 2014). Pembelajaran fisika adalah proses belajar yang melibatkan penggabungan antara konsep teoritis dan verifikasi eksperimental. Adanya teori memberikan kerangka berpikir sedangkan eksperimen berfungsi sebagai bukti yang mendukung atau menyangkal teori tersebut (Yulia & Risdianto, 2018). Bagian terpenting dari pembelajaran fisika adalah keterlibatan peserta didik. Penekanan harus diberikan pada pemecahan masalah, tindakan, dan komunikasi, bukan hanya mencatat dan mengingat materi (Payudi et al., 2017).

Dapat disimpulkan bahwa proses pembelajaran fisika memerlukan interaksi kolaborasi aktif antara pengajar dan peserta didik agar materi yang dipelajari dapat terserap dengan baik.

Praktikum menjadi salah satu pilihan agar peserta didik mewujudkan pembelajaran fisika yang efektif, pemahaman konsep-konsep dasar, serta pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan komunikasi ilmiah. Penelitian oleh (Athaillah et al., 2017) ditemukan bahwa kurangnya kegiatan praktikum menyebabkan peserta didik kurang siap menghadapi tantangan di dunia kerja yang menuntut kemampuan untuk bekerja secara kolaboratif, memecahkan masalah yang kompleks, dan mengoperasikan peralatan ilmiah.

Seiring berkembangnya dunia teknologi saat ini, banyak solusi alternatif yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan dalam pembelajaran fisika, salah satunya percobaan berbasis smarthphone. Pemanfaatan kemajuan teknologi sensor pada smarthphone saat ini dianggap penting karena pengamatan dengan mata saja tidak cukup akurat dan presisi (Nurul H. et al., 2017).

*Phyphox (Physical Phone Experiments)* adalah sebuah aplikasi yang memanfaatkan sensor smarthphone dan laptop serta dirancang khusus untuk membantu eksperimen fisika selama kegiatan pembelajaran (Ariyansah et al., 2021).

Aplikasi *phyphox* ini memiliki banyak fitur inovatif yang dapat digunakan langsung saat praktikum atau percobaan berlangsung, sehingga aplikasi ini ideal untuk digunakan di sekolah (W. A. S. Putri et al., 2022).

Peserta didik di SMA Negeri 13 Semarang diizinkan untuk membawa *smartphone* pribadi mereka ke sekolah, perangkat ini dapat dioptimalkan sebagai alat pendukung pembelajaran. Salah satu alasan kuat penggunaan aplikasi *phyphox* adalah kemampuannya untuk diakses melalui *smartphone* yang hampir dimiliki oleh setiap peserta didik, memungkinkan mereka untuk membawa perangkat pribadi mereka dan menggunakannya sebagai alat laboratorium portable (Wawancara, 19 Desember 2024).

Penelitian Kristiyani (2020) tentang penggunaan aplikasi *phyphox* dapat membantu peserta didik dalam meningkatkan kemampuan mereka untuk berpikir kritis tentang materi fisika. Hal tersebut dapat diimplementasikan pada konsep fisika yang abstrak. Materi gelombang bunyi, dengan konsep-konsep seperti frekuensi, amplitudo, kecepatan, dan resonansi, seringkali dianggap sulit oleh peserta didik. Tanpa visualisasi dan eksperimen langsung, peserta didik kesulitan untuk menghubungkan konsep-konsep ini dengan fenomena sehari-hari (Nofriati et al., 2016). Hal tersebut menyebabkan pemahaman yang hanya berfokus pada hafalan rumus tanpa memahami secara mendalam makna fisiknya. Penelitian yang

dilakukan oleh Batulieu (2022) menunjukkan bahwa materi gelombang seringkali menjadi topik yang sulit dipahami karena sifatnya yang abstrak dan kurangnya demonstrasi konkret di kelas.

Menyikapi permasalahan tersebut, materi gelombang bunyi dapat diintegrasikan dengan aplikasi *phyphox* dan kearifan lokal. Sensor-sensor yang tersedia pada aplikasi *phyphox* dapat dimanfaatkan untuk eksperimen gelombang bunyi, seperti mengukur dan menganalisis berbagai karakteristik gelombang bunyi (frekuensi, amplitudo, dan kecepatan). Pemanfaatan aplikasi ini menjadikan proses belajar tentang gelombang bunyi menjadi lebih interaktif dan menyenangkan bagi peserta didik (Sayyadi et al., 2024).

Allah SWT berfirman dalam surah Az-Zumar ayat 68 yang berbunyi:

وَنُفِخَ فِي الصُّورِ فَصَعِقَ مَنْ فِي السَّمَوَاتِ وَمَنْ فِي الْأَرْضِ إِلَّا مَنْ شَاءَ اللَّهُ ثُمَّ نُفِخَ فِيهِ أُخْرَىٰ فَإِذَا هُمْ قِيَامٌ يَنْظُرُونَ

Artinya: “Sangkakala pun ditiup sehingga matilah semua (makhluk) yang (ada) di langit dan di bumi, kecuali mereka yang dikehendaki Allah. Kemudian, ia ditiup sekali lagi. Seketika itu, mereka bangun (dari kuburnya dan) menunggu (keputusan Allah)”. Tafsir ayat ini menjelaskan bahwa tiupan sangkakala kedua menandai adanya kematian di seluruh makhluk hidup di langit dan di bumi, kecuali atas kehendak

Allah SWT. Setelah itu, seluruh roh akan dicabut bahkan malaikat maut akan mati, sehingga hanya ada Allah yang Maha Hidup dan Kekal yang tiada awal dan akhir, serta terus mengurus makhluk-Nya. Kemudian, pada tiupan selanjutnya, mereka yang sebelumnya hanya berupa tulang belulang hancur akan hidup kembali untuk menyaksikan kedahsyatan pada Hari Kiamat (Katsir, 2000).

Konsep tiupan sangkakala ini dapat dikaitkan dengan ilmu fisika pada prinsip kerja terompet. Getaran udara yang dihasilkan oleh tiupan pada terompet menghasilkan suara yang dapat didengar. Dalam konteks ayat diatas, tiupan sangkakala diibaratkan sebagai getaran kosmik yang begitu dahsyat sehingga mampu menghentikan seluruh aktivitas di alam semesta. Hal ini menunjukkan bahwa islam dan sains memiliki berkaitan sangat erat di setiap perkembangan zaman dan merupakan bentuk ketetapan Allah SWT. Manusia sebagai makhluk ciptaan Allah SWT harus mentadabburinya untuk memperdalam keilmuan dan keyakinan kita kepada Allah SWT(P. O. M. K. Putri et al., 2022).

Berdasarkan masalah penelitian, dikembangkanlah bahan ajar LKPD yang dianggap penting digunakan bagi peserta didik di sekolah terkait. LKPD yang dikembangkan berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi. Dengan mengintegrasikan unsur-unsur lokal

dan teknologi, diharapkan LKPD ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna bagi peserta didik, serta kemampuan berpikir kritis peserta didik lebih meningkat.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang, terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Sumber belajar masih menggunakan LKS yang dikeluarkan penerbit dan PPT sehingga menghambat peserta didik dalam mengembangkan pemahaman konsep fisika yang mendalam dan kemampuan berpikir kritis.
2. Metode pembelajaran yang digunakan pendidik belum ada pendekatan kearifan lokal sehingga peserta didik kesulitan menghubungkan materi dengan nilai budaya dan sosial yang ada dimasyarakat.
3. Beralih fungsinya ruang laboratorium fisika menjadi ruang tempat para mahasiswa untuk kegiatan PLP dan melakukan penelitian menjadikan kegiatan praktikum peserta didik tidak efektif terlaksana. Selain itu, guru belum menggunakan aplikasi untuk menggantikan praktikum dengan media.

### **C. Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dilakukan agar penelitian yang dilakukan fokus pada masalah yang ditetapkan. Batasan masalah yang ditetapkan antara lain:

1. Belum ada LKPD yang dibuat oleh guru dengan menyesuaikan kebutuhan peserta didik.
2. Metode digunakan belum menerapkan pendekatan kearifan lokal berupa kesenian musik gamelan.
3. Belum ada pengganti praktikum berbantuan aplikasi *Phyphox* (*Physical Phone Experiments*).

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kelayakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi hasil pengembangan?
2. Bagaimana respons peserta didik SMA Negeri 13 Semarang kelas XI mengenai LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi hasil pengembangan?
3. Bagaimana peningkatan berpikir kritis peserta didik SMA Negeri 13 Semarang kelas XI yang diajar menggunakan LKPD hasil pengembangan?

### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan penelitian yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi yang layak digunakan.
2. Untuk mengetahui respons peserta didik SMA Negeri 13 Semarang kelas XI setelah menggunakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi.
3. Untuk mengetahui peningkatan berpikir kritis peserta didik SMA Negeri 13 Semarang kelas XI setelah menggunakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi.

### **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang bermanfaat bagi berbagai pihak, yaitu:

1. Dapat digunakan oleh peserta didik sebagai bahan referensi belajar secara aktif agar dalam belajar fisika peserta didik tidak merasa bosan dan monoton, terutama dalam materi gelombang bunyi. Dengan penelitian ini peserta didik juga diharapkan dapat memahami dan penerapakan pengetahuan yang didapatkan dalam kehidupan sehari-hari.

2. Menjadi alternatif dan solusi bagi guru dalam pemilihan bahan ajar LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox*.
3. Bagi sekolah, sebagai bahan referensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah.
4. Memberikan pengalaman dan wawasan pengetahuan bagi peneliti dalam penelitian pengembangan, khususnya dalam bidang pemanfaatan kemajuan teknologi terhadap pengembangan bahan ajar sehingga bermanfaat dalam proses pembelajaran. Selain itu, sebagai bahan referensi peneliti dalam mengembangkan bahan ajar berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk materi fisika lainnya.

### **G. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan**

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dikembangkan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbentuk media cetak berukuran A4.
2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis kearifan lokal yang fokusnya pada kesenian berupa alat musik gamelan.
3. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dikembangkan berbantuan aplikasi *phyphox*.

4. Materi yang digunakan pada Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dikembangkan berupa materi gelombang bunyi.
5. LKPD memuat sistematika sebagai berikut:
  - a. Cover
  - b. Kata Pengantar
  - c. Petunjuk Penggunaan LKPD
  - d. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi *Phyphox*
  - e. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi Gamelan
  - f. Daftar Isi
  - g. Kompetensi yang akan dicapai terdiri dari Capaian Pembelajaran (CP) & Tujuan Pembelajaran (TP)
  - h. Kegiatan I: Karakterisasi gelombang bunyi
  - i. Kegiatan II: Efek Doppler
  - j. Kegiatan III: Pelayangan Bunyi
  - k. Daftar Pustaka

#### **H. Asumsi Pengembangan**

Asumsi yang menjadi dasar pengembangan LKPD ini sebagai berikut:

1. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) diperuntukkan untuk siswa kelas XI SMA Negeri 13 Semarang.
2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) disusun sesuai dengan kurikulum merdeka.

3. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dikembangkan relevan dengan kemampuan abad 21 yaitu untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

## **BAB II**

### **LANDASAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Kemampuan Berpikir Kritis**

Kemampuan berasal dari kata mampu di dalam KBBI berarti kuasa (dapat, sanggup, bisa, mengerjakan sesuatu). Berpikir adalah proses membuat keputusan berdasarkan logika, sehingga kemampuan berpikir merupakan sebuah kemampuan untuk merumuskan masalah, menyelesaikan masalah, membuat keputusan, atau mencapai tingkat pemahaman yang diinginkan tentang sesuatu (Qodariyah, 2022).

Kata kritis berarti tajam, tepat pada keadaan berpikir. Menurut Robert H. Ennis (dalam Linda & Lestari, 2019) *“critical thinking is reasonable and reflective thinking focused on deciding what to believe or do”*, yang berarti berpikir kritis adalah suatu cara untuk berpikir secara tajam dengan fokus untuk memutuskan apa yang diyakini atau dilakukan. Eliana Crespo (dalam Linda & Lestari, 2019) menjelaskan bahwa istilah berpikir kritis yang digunakan untuk menggambarkan macam-macam kemampuan kognitif dan intelektual termasuk:

- a. Melakukan identifikasi, analisis, dan evaluasi dengan hasil yang efektif.
- b. Mengidentifikasi dan mengatasi prasangka.

- c. Menyusun dan menyajikan argument kuat uguna mendukung kesimpulan.
- d. Mengambil keputusan rasional tentang keyakinan dan tindakan yang harus diambil.

Berpikir kritis melibatkan serangkaian yang bertujuan menganalisis dan mengevaluasi informasi secara rasional. Kegiatan-kegiatan meliputi interpretasi informasi berdasarkan teori, penerapan teori dengan praktik, menghubungkan berbagai ide, mengajukan pertanyaan, mengevaluasi pengetahuan, membuat prediksi, melakukan analisis dan sintesis, mengkategorisasikan, serta identifikasi dan pemecahan masalah (Dwiastuti et al., 2019).

Konsep pemikiran kritis sudah sejak awal ditanamkan dalam ajaran islam, seperti yang tertuang dalam surah Al-Alaq ayat 1-5 yang berbunyi:

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (١) خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (٢) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (٣) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (٤) عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (٥)

Artinya: “*Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang Menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah, Yang mengajar (manusia) dengan perantaraan qalam. Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya*”.

Menurut Ibnu Katsir, lima ayat pertama Surah Al-Alaq adalah fondasi besar bagi peradaban ilmu dan iman, dimulai dengan perintah Ilahi "Bacalah!" yang tak hanya

berarti membaca tulisan, tetapi juga merenungkan ciptaan Allah di alam semesta, yang semuanya harus dilakukan "dengan menyebut nama Tuhanmu yang menciptakan." Ayat ini kemudian menegaskan kekuasaan-Nya dengan menyebutkan penciptaan manusia dari segumpal darah, sebuah bukti nyata kebesaran Allah yang mampu mengubah sesuatu yang hina menjadi makhluk sempurna. Pengulangan perintah "Bacalah!" pada ayat ketiga, diikuti dengan penyebutan Allah sebagai "Yang Mahamulia," menekankan urgensi ilmu dan bahwa Dialah sumber kemuliaan serta ilmu pengetahuan. Kemudian, Allah mengajarkan manusia "dengan pena," bahwa penting tulisan dan dokumentasi sebagai sarana penyebaran ilmu dari-Nya. Terakhir, Allah menegaskan bahwa Dialah yang "mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya," menanamkan kerendahan hati bahwa segala ilmu bersumber dari-Nya, mendorong pencarian pengetahuan yang tiada henti, dan menjadikan akal sebagai alat untuk memahami kebesaran-Nya demi mencapai ketakwaan (Katsir, 2000).

Hubungan antara konsep berpikir kritis dan tafsir Qs Al-Alaq ayat 1-5. Dalam tafsirannya ayat-ayat ini menekankan pentingnya berpikir kritis dan menggunakan akal sehat untuk memahami, mengevaluasi, mengambil keputusan pelajaran, dan membuat keputusan yang sesuai dengan

keadaan. Hal tersebut selaras dengan elemen-elemen yang ada dalam proses pemikiran kritis. Setiap muslim harus mempelajari dan menerapkan kemampuan berpikir kritis ini untuk mencapai tujuan menjadikan semua orang yang mampu memaksimalkan potensinya untuk berbadah dan menjadi orang yang bertaqwa kepada Allah SWT(Amani, 2023).

Kemampuan berpikir kritis harus dilatih dalam kegiatan pembelajaran, bukan sesuatu yang melekat sejak lahir. Aspek indikator kemampuan berpikir kritis menurut Ennis (1996) terbagi menjadi lima yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Indikator kemampuan berpikir kritis menurut Ennis  
(Fatmawati et al., 2014; Pangaribowosakti, 2014).

| Aspek                           | Indikator              | Sub Indikator                                                                             |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Memberikan penjelasan sederhana | Memfokuskan pertanyaan | 1. Mengidentifikasi atau merumuskan pertanyaan                                            |
|                                 |                        | 2. Mengidentifikasi atau menetapkan kriteria untuk mempertimbangkan berbagai opsi jawaban |
|                                 |                        | 3. Menjaga pola pikir yang optimal                                                        |
|                                 | Menganalisis argument  | 1. Menentukan kesimpulan                                                                  |
|                                 |                        | 2. Mengidentifikasi kalimat-kalimat pertanyaan                                            |
|                                 |                        | 3. Mengidentifikasi kalimat-kalimat bukan pertanyaan                                      |
|                                 |                        | 4. Mengidentifikasi dan                                                                   |

| Aspek                        | Indikator                                                                                     | Sub Indikator                                                         |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Membangun keterampilan dasar | Bertanya dan menjawab pertanyaan<br>Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak | menanganie<br>suatu<br>ketidaktepatan                                 |
|                              |                                                                                               | 5. Melihat sturktur dari suatu argument                               |
|                              |                                                                                               | 6. Membuat ringkasan                                                  |
|                              |                                                                                               | 1. Memberikan penjelasan sederhana                                    |
|                              |                                                                                               | 2. Menyebutkan contoh                                                 |
|                              |                                                                                               | 1. Mempertimbangkan keahlian yang relevan                             |
|                              |                                                                                               | 2. Mempertimbangkan daya tarik konflik                                |
|                              |                                                                                               | 3. Mempertimbangkan keselarasan sumber                                |
|                              |                                                                                               | 4. Mempertimbangkan reputasi                                          |
|                              |                                                                                               | 5. Mempertimbangkan penggunaan prosedur yang benar                    |
|                              | Mengobservasi dan mempertimbang kan laporan observasi                                         | 6. Mempertimbangkan risiko terhadap reputasi                          |
|                              |                                                                                               | 7. Kemampuan untuk memberikan alasan                                  |
|                              |                                                                                               | 8. Sikap berhati-hati                                                 |
|                              |                                                                                               | 1. Melibatkan yang dugaan                                             |
|                              |                                                                                               | 2. Menggunakan rentan waktu yang singkat antara observasi dan laporan |
|                              |                                                                                               | 3. Melaporkan temuan hasil observasi                                  |
|                              |                                                                                               | 4. Merekam hasil observasi                                            |
|                              |                                                                                               | 5. Menggunakan bukti-bukti yang akurat                                |
|                              |                                                                                               | 6. Memanfaatkan akses yang optimal                                    |
|                              |                                                                                               | 7. Menggunakan teknologi                                              |
| Menyimpulkan                 | Mendeduksi dan                                                                                | 8. Bertanggung jawab atas hasil observasi                             |
|                              |                                                                                               | 1. Menerapkan siklus                                                  |

| Aspek                              | Indikator                                                   | Sub Indikator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | mempertimbang<br>kan hasil<br>deduksi                       | logika Euler<br>2. Mengkondisikan logika<br>3. Mengemukakan tafsiran                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                    | Menginduksi<br>dan<br>mempertimbang<br>kan hasil<br>induksi | 1. Menyajikan pernyataan<br>umum<br>2. Mengemukakan<br>kesimpulan dan<br>hipotesis<br>3. Mengemukakan<br>hipotesis<br>4. Merancang eksperimen<br>5. Menarik kesimpulan<br>sesuai fakta<br>6. Menarik kesimpulan<br>berdasarkan fakta                                                                                                                                   |
|                                    | Membuat dan<br>menentukan<br>hasil<br>pertimbangan          | 1. Membuat dan<br>menentukan hasil<br>pertimbangan<br>berdasarkan fakta di<br>lapangan<br>2. Membuat dan<br>menentukan hasil<br>pertimbangan yang<br>didasarkan pada akibat<br>3. Mengembangkan dan<br>menentukan hasil<br>pertimbangan<br>berdasarkan penerapan<br>fakta<br>4. Membuat dan<br>menentukan hasil<br>pertimbangan terkait<br>keseimbangan dan<br>masalah |
| Memberikan<br>penjelasan<br>lanjut | Mendefinisikan<br>istilah dan<br>mempertimbang<br>kan suatu | 1. Membuat struktur<br>definisi<br>2. Merumuskan strategi<br>penyusunan definisi                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Aspek                        | Indikator                       | Sub Indikator                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mengatur strategi dan Taktik | definisi                        | 3. Bertindak dengan memberikan penjelasan lanjut<br>4. Mengidentifikasi dan menangani ketidakbenaran yang disengaja<br>5. Membuat isi definisi                                                                              |
|                              | Mengidentifikasi asumsi-asumsi  | 1. Penjelasan bukan pernyataan<br>2. Mengonstruksi argument                                                                                                                                                                 |
|                              | Menentukan suatu tindakan       | 1. Mengidentifikasi isu<br>2. Memilih kriteria untuk mempertimbangkan solusi yang mungkin<br>3. Menyusun solusi alternatif<br>4. Menentukan tindakan sementara<br>5. Melakukan pengulangan<br>6. Mengamati impelementasinya |
|                              | Beerinteraksi dengan orang lain | 1. Menggunakan argument<br>2. Menerapkan strategi logika<br>3. Menggunakan strategi retorika<br>4. Menunjukkan posisi, orasi, atau tulisan                                                                                  |

## 2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

### a. Pengertian LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah bahan ajar yang berfungsi untuk mendukung pembelajaran (Saputri et al., 2019). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah bahan ajar cetak yang memuat materi,

ringkasan, serta panduan pelaksanaan bagi peserta didik untuk memecahkan masalah dan mengidentifikasi konsep yang selaras dengan kompetensi dasar dan indikator kemampuan yang ditargetkan (Sarina, 2023). Dengan demikian, LKPD berfungsi sebagai acuan dan bahan pembelajaran serta sebagai alat untuk membantu pendidik dalam proses pembelajaran yang berlangsung sehingga terciptanya suasana pembelajaran yang mendorong interaksi efektif antara guru dan peserta didik (Fuadi, 2023).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berisi serangkaian tugas bagi peserta didik untuk mengaplikasikan atau mempraktikkan pengetahuan yang diperoleh selama kegiatan belajar. (Widodo, 2017). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berperan penting untuk mengetahui seberapa baik peserta didik memahami dan menguasai materi pembelajaran. Berdasarkan pengertian di atas, disimpulkan bahwa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) didefinisikan sebagai bahan ajar dengan dirancang untuk mendorong peserta didik terlibat aktif pada proses belajar. LKPD melibatkan sejumlah tugas dan instruksi yang membantu peserta didik menerapkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang telah mereka pelajari. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berisi petunjuk

belajar, kompetensi yang akan dicapai yang terdiri dari CP, TP dan ATP, informasi pendukung, tugas dan penilaian. Informasi pendukung yang dikembangkan oleh peneliti yang disajikan dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang akan dikembangkan disertai dengan kearifan lokal dan berbantuan aplikasi *phyphox*.

#### **b. Fungsi dan Manfaat LKPD**

Fungsi utama LKPD bagi peserta didik memfasilitasi keaktifan peserta didik dalam pembelajaran dan membantu mereka untuk memahami apa yang diajarkan guru. Guru dapat menggunakan fungsi LKPD untuk membantu peserta didik melakukan kegiatan yang sesuai dengan pembelajaran (Hernandha, 2023).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) memiliki manfaat saat kegiatan pembelajaran berlangsung di antaranya:

- 1) Peserta didik terlibat aktif pada proses pembelajaran.
- 2) Mendukung peserta didik dalam mengembangkan gagasan.
- 3) Melatih kemampuan peserta didik untuk menemukan dan mengasah keterampilan prosedural mereka.
- 4) Menjadi acuan bagi pendidik dan peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung.

- 5) Mendukung siswa dalam memperoleh informasi lebih mendalam tentang konsep yang dipelajari melalui aktivitas belajar.

(Umbaryati, 2016).

#### **c. Struktur LKPD**

Struktur Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang baik menurut Prastowo (seperti yang dikutip oleh Hernandha, 2023) mengandung tujuh elemen penting yaitu judul, petunjuk belajar, materi utama, informasi penunjang, tugas, serta penilaian. Menurut prastowo (seperti yang dikutip oleh Mizza, 2023), LKPD disusun melalui analisis kebutuhan, penentuan judul, penetapan KD, penentuan instrumen penilaian, penyusunan materi, dan pertimbangan struktur dari bahan ajar.

#### **d. Kelebihan dan Kekurangan LKPD**

Kelebihan dari Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) menurut (Umbaryati, 2016) sebagai berikut:

- 1) Menjadi panduan belajar bagi peserta didik.
- 2) Meningkatkan partisipasi peserta didik dalam pembelajaran.
- 3) Mendukung peserta didik dalam pemahaman konsep.
- 4) Adanya riset untuk mendorong psikomotorik peserta didik.
- 5) Membantu peserta didik memahami rangkuman materi secara menyeluruh dan sudah dipahami.

Kekurangan yang mungkin ada dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebagai berikut:

- 1) Soal-soal yang ditulis di LKPD seringkali sama, bahkan dapat muncul di bagian berikutnya atau bab berikutnya.
- 2) LKPD hanya dapat menampilkan gambar diam dan tidak bergerak, sehingga peserta didik terkadang tidak dapat memahami materi dengan cepat.
- 3) Media cetak lebih menekankan pelajaran bersifat kognitif, sehingga emosi dan sikap dari peserta didik masih kurang.
- 4) Jika tidak dikombinasikan dengan media lain, pembelajaran menjadi membosankan bagi siswa.

(Safitri et al., 2020)

### **3. Kearifan Lokal**

Kearifan dalam konteks bahasa asing sebagai *local wisdom*, *local knowledge*, dan *local genius* (Fajarini, 2014). Menurut UU No. 32 Tahun 2009 kearifan lokal adalah nilai-nilai utama yang berlaku dalam tata kehidupan masyarakat untuk menjaga dan mengelola lingkungan hidup secara lestari. Kearifan lokal adalah berbagai kebijaksanaan yang bersumber dari prinsip moral, yang telah diyakini, dipraktikkan, dan dilestarikan secara turun-temurun oleh kelompok masyarakat di lingkungan atau daerah tertentu (Njatrijani, 2018).

Nilai kehidupan yang terkandung dalam kearifan lokal sangat tinggi, menjadikannya layak untuk digali, dikembangkan, dan dijaga kelestariannya di tengah perubahan sosial budaya dan modernisasi. (Njatrijani, 2018). Kearifan lokal dapat digambarkan dengan beberapa konsep sebagai berikut:

- a. Kearifan lokal berasal dari pengalaman yang berlangsung lama yang memengaruhi sikap seseorang.
- b. Kearifan lokal selalu melekat pada pemiliknya.
- c. Kearifan lokal cenderung fleksibel, adaptif, dan selalu beradaptasi dengan perubahan zaman. Konsep kearifan lokal selalu melekat pada kehidupan manusia di lingkungan sosial dan alamnya.

Konsep kearifan lokal yang ada selalu terkait dengan kehidupan manusia di lingkungan sosial dan alamnya (Mazid et al., 2020). Bentuk dari kearifan lokal sendiri dapat dijumpai dalam bentuk, kesenian nyanyi, tari, alat-alat musik, pepatah, permainan, bela diri, dan semboyan yang ada dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari bermasyarakat (Fuadi, 2023).

Pendidikan berperan penting dalam kebudayaan salah satunya untuk mendorong kemajuan budaya, dan menjadi elemen utama dalam membentuk masyarakat yang beradab. Pendidikan tidak hanya berfokus pada kemampuan peserta

didik, tetapi juga pada nilai dan martabat setiap manusia (Kristanto, 2020).

Pendidikan yang diintegrasikan dengan kearifan lokal merupakan sebuah metode belajar yang mengajarkan kepada peserta didik agar tetap terhubung dengan situasi nyata dalam kehidupan mereka. Pendidikan yang memadukan kearifan lokal juga dapat dimanfaatkan untuk mendukung upaya pelestarian potensi unik di setiap daerah (Fuadi, 2023). Menurut Pasal 3 UU No 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional, pendidikan yang terintegrasi dengan kearifan lokal memiliki manfaat sebagai berikut:

- 1) Menghasilkan generasi penerus yang cakap dan bermartabat.
- 2) Merefleksikan prinsip-prinsip budaya.
- 3) Berkontribusi pada pembentukan jati diri bangsa.
- 4) Berpartisipasi dan berkontribusi untuk membangun identitas bangsa.
- 5) Berkontribusi dalam upaya pelestarian budaya bangsa.

Kearifan lokal dalam penelitian yang diangkat akan diintegrasikan pada daerah Jawa Tengah. Jawa Tengah mengandung banyak nilai kebudayaan yang dapat disatukan dengan aspek pendidikan. Alat musik tradisional Gamelan menjadi salah satu ciri khas kearifan lokal dari Jawa Tengah.

Gamelan sebagai salah satu warisan budaya tak benda dari Indonesia, khususnya Jawa Tengah, merupakan contoh nyata dari kearifan lokal yang sangat ikonik. Instrumen musik tradisional ini bukan hanya sekadar kumpulan alat musik, melainkan sebuah sistem budaya yang kompleks, mencerminkan nilai-nilai luhur dan filosofi hidup masyarakat Jawa (Fajarini, 2014) .

Mengintegrasikan Gamelan dalam pendidikan merupakan langkah strategis untuk mendukung upaya pelestarian potensi unik daerah ini (Annisha, 2024). Melalui pembelajaran Gamelan, peserta didik tidak hanya mengembangkan keterampilan musikal, tetapi juga memahami nilai-nilai utama yang terkandung di dalamnya, seperti gotong royong, keselarasan, kesabaran, dan penghormatan terhadap alam. Dengan demikian, Gamelan di Jawa Tengah bukan hanya sebuah alat musik, melainkan sebuah medium pembelajaran dan pelestarian yang tak ternilai. Memperdalam kajian mengenai Gamelan dalam konteks kearifan lokal akan memberikan landasan kuat bagi integrasi pendidikan yang relevan dan bermakna bagi peserta didik di daerah tersebut (Umar Seno et al., 2022).

#### **4. Aplikasi *Phyphox***

*Phyphox (Physical Phone Experiments)* adalah sebuah aplikasi yang mendukung berbagai percobaan dan praktikum fisika. Dirilis pada September 2016 di Google

Play Store dan Apple Store, aplikasi ini berukuran 4,80 MB. *Phyphox* pertama kali dikembangkan oleh Universitas Aachen menggunakan smartphone sebagai sensor pengoperasiannya (Ewar et al., 2021).

*Phyphox* adalah aplikasi yang sangat sederhana dan mudah dioperasikan yang dapat dimanfaatkan secara efektif untuk membantu peserta didik baik saat belajar di sekolah maupun di rumah. Aplikasi *phyphox* memiliki banyak inovasi fitur yang dapat digunakan langsung saat praktikum atau percobaan berlangsung. Aplikasi ini terdapat sensor yang dapat dibaca dengan mudah dan kumpulan data yang dapat ditampilkan secara visual. Aplikasi *phyphox* merupakan aplikasi yang relatif baru karena jumlah penggunaannya yang masih sedikit dan sedang berkembang pesat (W. A. S. Putri et al., 2022)(Kristiyani et al., 2020).

Aplikasi *phyphox* dilengkapi dengan *remote control* dan *bluetooth device*, sehingga percobaan yang sedang dilakukan dapat dianalisis di berbagai lokasi yang berbeda. Fitur-fitur yang ada di aplikasi *phyphox* tidak hanya berupa sensor, tetapi meliputi *remote control*, *data export*, dan *custom experiment* (Ashra, 2020).

Aplikasi *phyphox* memiliki beberapa fitur yang dapat digunakan untuk melakukan eksperimen dan pengamatan terkait materi gelombang bunyi. Fitur-fitur pada aplikasi ini

memanfaatkan sensor yang terdapat pada smartphone untuk mengumpulkan dan menganalisis data suara. Fitur-fitur tersebut diantaranya:

a. *Audio Amplitude*

Fitur ini berfungsi untuk mengukur amplitudo suara.

b. *Audio Autocorrelation*

Fitur ini berfungsi untuk mengukur frekuensi dari sebuah nada tunggal seperti mengidentifikasi frekuensi alat musik atau suara manusia.

c. *Audio Scope*

Fitur ini berfungsi untuk menampilkan data audio yang direkam, hasil dari periode, frekuensi, dan amplitude gelombang dapat dilihat dalam bentuk grafik.

d. *Audio Spectrum*

Fitur ini digunakan untuk melihat frekuensi dan intensitas yang berbeda-beda yang berguna untuk menganalisis suara kompleks atau musik.

e. *Doppler Effect*

Fitur ini dapat digunakan untuk mengamati frekuensi suara Ketika sumber suara bergerak relative terhadap pendengar.

f. *Sonar*

Fitur ini menggunakan gelombang suara untuk mengukur jarak dan kecepatan objek.

(Imtinan & Kuswanto, 2023).



Gambar 2. 1 Tampilan aplikasi *phyphox*

Kelebihan dari aplikasi *phyphox* diantaranya:

- 1) Aplikasi ini dapat diunduh secara gratis melalui Google Play Store dan Apple App Store.
- 2) Fitur yang terdapat pada aplikasi ini memungkinkan pengguna melakukan berbagai jenis eksperimen seperti pengukuran percepatan dan analisis spectrum suara.
- 3) Hasil pengukuran dapat ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mudah dipahami dan dianalisis.

- 4) Sensor bawaan yang digunakan memiliki pengukuran yang akurat
- 5) Tidak ada fungsi atau interface yang berbeda antara android dan IOS.
- 6) Bisa dioperasikan pada smarthphone, PC, dan laptop.  
(Staacks et al., 2018).

Kekurangan dari aplikasi *phyphox* diantaranya:

- 1) Kualitas sensor smartphone memengaruhi hasil data percobaan dari aplikasi *phyphox*.
- 2) Tidak semua smartphone memiliki semua jenis sensor yang diperlukan untuk melakukan semua eksperimen.
- 3) *Phyphox* lebih cocok digunakan untuk pengukuran sederhana. Untuk analisis data yang lebih kompleks perlu menggunakan perangkat lain
- 4) *Phyphox* mudah digunakan, tetapi pengguna perlu memahami prinsip dasar fisika dan cara kerjanya agar dapat memaksimalkan manfaatnya  
(Wawan et al., 2022).

## **5. Materi Gelombang Bunyi**

### **a. Gelombang Bunyi**

Gelombang adalah energi getaran yang merambat melalui medium atau tanpa melalui medium (Yasid et al., 2016). Berdasarkan perantara (medium) rambatnya gelombang dibagi menjadi dua yaitu gelombang mekanik dan elektromagnetik. Gelombang yang arah

rambatnya memerlukan medium perantara disebut gelombang mekanik. Sedangkan gelombang yang arah rambatnya tidak memerlukan medium disebut gelombang elektromagnetik. Bunyi dan gempa termasuk contoh dari gelombang mekanik, sedangkan cahaya dan radio termasuk contoh dari gelombang elektromagnetik (Radjawane et al., 2022; Yasid et al., 2016). Berdasarkan arah rambat dan arah getarnya, gelombang dibagi menjadi dua yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang tegak lurus dengan arah getarnya. Sedangkan gelombang longitudinal adalah gelombang yang searah dengan arah getarnya. Persamaan sinusoidal dengan jarak dari satu fase ke fase selanjutnya diberikan Persamaan 2.1.

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad (2.1)$$

$\lambda$  merupakan panjang gelombang dan  $k$  menunjukkan jumlah gelombang (Halliday et al., 2010). Untuk periode getarnya diberikan oleh Persamaan 2.2.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.2)$$

atau

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2.3)$$

dengan  $f$  adalah frekuensi gelombang (Halliday et al., 2010; Nurlina & Riskawati, 2018).

Capaian pembelajaran fisika fase F pada elemen pemahaman fisika untuk materi gelombang bunyi adalah peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang bunyi dalam menyelesaikan masalah (Kemendikbudristek, 2022). Gelombang bunyi memiliki definisi gelombang mekanik yang berbentuk longitudinal dan tidak dapat merambat dalam hampa udara (Banawi, Anasufi, 2013). Gelombang bunyi membutuhkan waktu untuk menempuh jarak dari satu titik ke titik lainnya saat merambat. Bunyi yang berasal dari getaran benda, menggetarkan medium udara disekitarnya dan bunyi tersebut kemudian merambat melalui udara hingga mencapai gendang telinga (Yasid et al., 2016). Bentuk gelombang, frekuensi dan amplitudo menentukan seberapa baik telinga manusia dapat menerima gelombang bunyi.

#### **b. Amplitudo dan Frekuensi**

Amplitudo adalah jarak simpang getar terjauh dari titik keseimbangannya. Faktor yang menentukan seberapa keras bunyi yang dihasilkan adalah amplitudo pada gelombang suara. Besar kecilnya gelombang bunyi yang dihasilkan dipengaruhi oleh gelombang yang merupakan hasil dari sesuatu yang bergetar. Amplitudo

getaran jika semakin besar maka gelombang bunyi yang dihasilkan akan semakin besar (Zakwandi, 2017) .

Frekuensi adalah banyaknya getaran atau gelombang selama satu detik (Radjawane et al., 2022). Bunyi dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan frekuensinya yaitu bunyi yang memiliki frekuensi teratur dikenal sebagai nada, sementara bunyi yang frekuensinya tidak teratur dinamakan desah (noise). Frekuensi besar maka nadanya semakin tinggi, sedangkan frekuensi kecil semakin rendah nadanya. Rentang frekuensi yang dapat didengar manusia adalah 20 Hz sampai 20.000 Hz, dikenal sebagai audiosonik. Frekuensi di bawah 20 Hz disebut infrasonik, sedangkan di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. (Halliday et al., 2010; Sulistyarini, 2015).

Keras atau lemah suatu bunyi tergantung dengan amplitudo getarannya, sedangkan tinggi rendah suatu bunyi tergantung dengan frekuensi getarannya (Banawi, Anasufi, 2013; Radjawane et al., 2022)

### **c. Cepat Rambat Bunyi**

Cepat rambat bunyi didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh suatu gelombang saat bergerak dari satu tempat ke tempat lain. Besar dan kecilnya cepat rambat bunyi ditentukan oleh transmisi mediumnya. Medium (perantara) dapat berupa air, udara atau material lain.  $v$

sebagai cepat rambat bunyi merupakan hasil bagi dari jarak yang ditempuh dan waktu yang dibutuhkan, seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 2.4.

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.4)$$

(Halliday et al., 2010)

#### 1) Cepat rambat bunyi pada zat padat

Jenis dan massa zat padat yang dilalui oleh bunyi mempengaruhi cepat bunyi merambat pada materi. Persamaan cepat rambat bunyi pada zat padat ditunjukkan oleh Persamaan 2.5.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.5)$$

(Radjawane et al., 2022)

dengan:

$v$  = cepat rambat bunyi (m/s)

$E$  = modulus elastis bahan logam (N/m<sup>2</sup> atau Pa)

$\rho$  = massa jenis bahan logam (kg/m<sup>3</sup>)

#### 2) Cepat rambat bunyi pada zat cair

Cepat rambat bunyi pada zat cair bergantung pada massa jenis zat cair dan modulus Bulk, yang dapat dilihat pada Persamaan 2.6.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.6)$$

(Halliday et al., 2010)

dengan:

$v$  = cepat rambat bunyi (m/s)

$B$  = modulus Bulk (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

### 3) Cepat rambat bunyi pada zat gas

Kecepatan molekul gas ditentukan oleh suhu, bunyi akan semakin cepat dirambatkan jika molekul bergerak dengan cepat. Modulus Bulk pada udara akan bergantung pada tekanan dan keadaan adiabatik yang dituliskan pada persamaan 2.7

$$B = \gamma P \quad (2.7)$$

dengan:

$\gamma$  = Konstanta Laplace

$P$  = tekanan (N/m<sup>2</sup>)

Pada bab Termodinamika, terdapat persamaan gas ideal yang ditunjukkan pada persamaan 2.8

$$pM = \rho RT \quad (2.8)$$

Substitusikan pada persamaan (2.6), sehingga diperoleh:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2.9)$$

(Halliday et al., 2010)

dengan:

$\gamma$  = tetapan Laplace (monoatomic = 1,67 dan diatomik =  $\frac{7}{5}$ )

$R$  = tetapan umum gas (8,314 J/molK)

$T$  = suhu gas (K)

$M$  = massa molekul relative (kg/mol)

#### **d. Sifat-sifat Gelombang Bunyi**

Gelombang bunyi sebagai salah satu jenis gelombang mekanik, memiliki ciri-ciri di antaranya:

##### **1) Pemantulan gelombang bunyi (refleksi)**

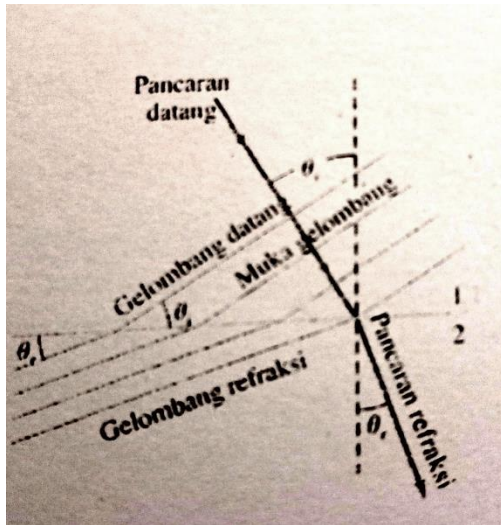
Gaung dan gema merupakan bentuk dari pemantulan bunyi yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Gema timbul saat pantulan suara terjadi di ruang luas, menyebabkan pantulan yang lebih panjang dengan jeda antara suara asli dan pantulan. Sebaliknya, jika ruang sempit, pantulan tidak memiliki cukup waktu untuk merambat, sehingga suara asli dan pantulan terdengar bersamaan, membentuk gaung (Banawi, Anasufi, 2013).

## 2) Pembiasan gelombang bunyi

Hukum pembiasan gelombang menyatakan bahwa gelombang berjalan di satu media yang melintasi perbatasan ke media lain dimana kelajuannya berbeda gelombang akan membengkok atau berubah arah. Terjadinya pembiasan gelombang diantaranya:

- a. Ketika sinar datang dari medium kurang rapat ke medium yang lebih rapat maka sinar datang dibiaskan mendekati garis normal. contoh sinar datang dari medium udara menuju air.
- b. Ketika sinar datang dari medium yang lebih rapat ke medium yang kurang rapat maka sinar datang akan dibiaskan menjauhi garis normal. contoh ketika sinar datang melalui medium air menuju udara.

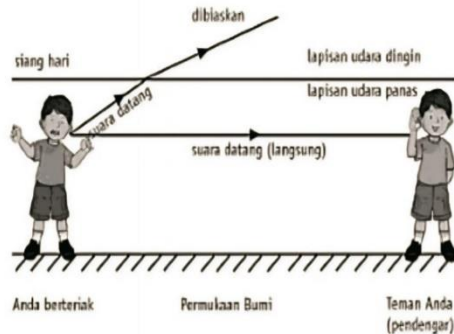
Ada suatu keadaan dimana ketika sinar datang sama besar dengan sudut kritis maka merambatnya sejajar dengan batas kedua medium. Sudut kritis adalah sudut datang ketika sinar datang dibiaskan dengan sudut bias  $90^\circ$ . Pada suatu keadaan dimana sinar datang lebih besar dari sudut kritis maka mengalami pemantulan total. Gambar 2.2 berikut menunjukkan terjadinya pembiasan gelombang pada bidang batas.



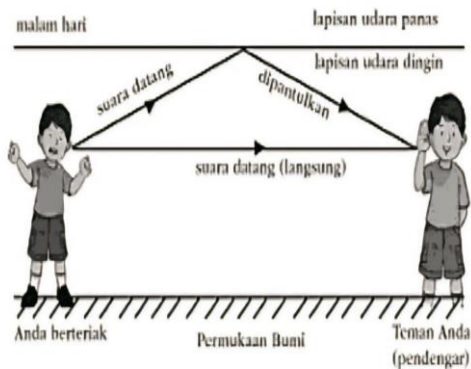
Gambar 2. 2 Pembiasan gelombang  
(Douglas C. Giancoli, 2014)

Pembiasan juga berlaku pada gelombang bunyi. Pada malam hari suara atau bunyi yang cukup jauh terdengar lebih jelas dibandingkan saat siang hari. Hal ini disebabkan pada siang hari suhu udara di permukaan bumi lebih tinggi daripada bagian atasnya, sehingga lapisan udara di bagian atas lebih rapat daripada bawahnya. Gelombang bunyi yang datang secara horizontal dari sumber bunyi ke arah pendengarnya akan dibelokkan ke atas. Akibatnya, suara seseorang akan lebih sulit terdengar oleh yang berada di jarak jauh karena suara tersebut membelok ke atas. Sedangkan pada malam hari suhu udara

permukaan bumi lebih dingin dibandingkan lapisan udara diatasnya. Gelombang bunyi yang merambat ke atas akan membelok ke bawah. Akibatnya suara seseorang dapat terdengar lebih jelas oleh orang yang berada di jarak jauh karena suara tersebut membelok ke bawah dan merambat lebih jauh.



Gambar 2. 3  
Pembiasan gelombang bunyi pada siang hari



Gambar 2. 4 Pembiasan gelombang bunyi pada malam hari

(Ramli,2016)(Douglas C. Giancoli, 2014)

3) Difraksi gelombang bunyi

Difraksi gelombang bunyi adalah peristiwa gelombang menjadi lebih lentur ketika melewati celah seorder dengan panjang gelombangnya. Gelombang bunyi mudah mengalami difraksi karena panjang gelombangnya di udara hanya berkisar antara sentimeter hingga meter.

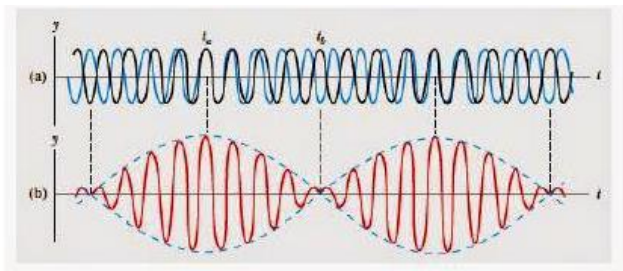
4) Interferensi gelombang bunyi

Interferensi terjadi antara dua gelombang bunyi yang sama panjangnya dan merambat melalui titik yang sama (tergantung pada selisih fase diantara kedua gelombang). Dikatakan interferensi konstruktif (saling memperkuat) jika terdapat dua gelombang sefase bertemu atau jika mempunyai beda lintasan yang merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombangnya yaitu  $n$ . Sedangkan bersifat interferensi destruktif (saling memperlemah) jika dua gelombang yang mempunyai beda fase atau beda lintasan bertemu (Halliday et al., 2010).

5) Pelayangan gelombang bunyi

Pelayangan merupakan efek dari interferensi gelombang bunyi. Ketika dua sumber bunyi menghasilkan gelombang dengan perbedaan

frekuensinya kecil, peristiwa tersebut disebut pelayangan. Suara akan naik dan turun secara bergantian pada posisi tertentu ketika dua gelombang bunyi berinterferensi satu sama lain. Pelayangan adalah saat dua nada dengan frekuensi yang sedikit berbeda dimainkan secara bersamaan sehingga penurunan atau peningkatan kenyaringan secara berkala. Bergerak di dalam atau di luar fasenya, gelombang akan saling memperkuat dan memperlemah satu sama lain. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, dua gelombang memiliki amplitude yang sama dan merambat dalam arah yang sama dan dengan frekuensi  $f_1$  dan  $f_2$  masing-masing.



Gambar 2. 5 Pelayangan gelombang  
(Amaniyya,2020)

$$y_1 = A \sin \pi f_1 t \quad (2.10)$$

$$y_2 = A \sin \pi f_2 t \quad (2.11)$$

Jika dijumlahkan hasilnya akan menjadi pada Persamaan 2.11.

$$A_p = 2A \cos 2\pi \left( \frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \quad (2.12)$$

#### 6) Resonansi bunyi

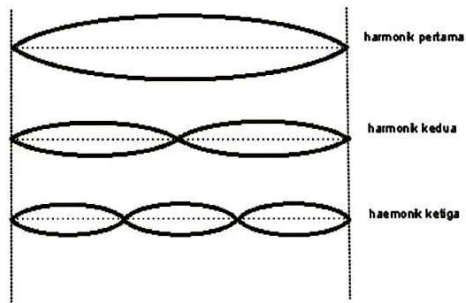
Resonansi bunyi terjadi saat suatu benda bergetar karena karena dipengaruhi oleh benda lain yang bergetar dan mempunyai frekuensi yang sama. Resonansi terjadi jika suatu benda memiliki frekuensi alami yang sama dengan sumber bunyi. Tidak hanya benda padat, udara atau gas di sekitar sumber bunyi juga dapat beresonansi, asalkan frekuensi alaminya sama.

#### c. Sumber Bunyi

Sumber bunyi disebut juga benda yang bergetar. Beberapa contoh benda yang berfungsi sebagai sumber bunyi seperti biano, biola, dan instrument orkes musik. Gesekan, petikan atau meniup udara ke instrument dapat menghasilkan getaran music. Senar bergetar digunakan untuk membuat bunyi pada biola, gitar dan piano. Getaran dari sumber bunyi ini bergetar ke udara sekitarnya, yang kemudian membentuk gelombang longitudinal.

##### 1) Senar atau dawai

Getaran sinar gitar adalah gelombang stasioner pada dawai dengan ujung terikat. Menguban nada pada sinar gitar dengan cara menekan senarnya pada posisi tertentu. Frekuensi resonansi dapat dihasilkan oleh senar.



Gambar 2. 6 Pola gelombang stasioner pada dawai

Nada dasar atau harmonik pertama merupakan sebutan untuk nada terendah yang dihasilkan oleh sumber bunyi. Secara berurutan, nada yang lebih tinggi dikenal sebagai nada atas pertama (harmonik kedua), nada atas kedua (harmonik ketiga) dan seterusnya. Frekuensi-frekuensi seperti  $f_0$ :  $f_1$ :  $f_2$  dan seterusnya disebut frekuensi alami atau frekuensi resonansi. Besarnya frekuensi nada ke- $n$  ( $f_n$ ) pada dawai dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{n}{2L} v \quad (2.13)$$

(Radjawane et al., 2022)

Dengan:

$f$  = frekuensi (Hz)

$v$  = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

$\lambda_n$  = panjang gelombang bunyi (m)

$L$  = panjang dawai (m)

$n = 1, 2, 3, \dots$

Cepat rambat bunyi pada dawai dapat ditentukan melalui persamaan 2.14.

$$v = \sqrt{\frac{F}{A\rho}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad (2.14)$$

(Radjawane et al., 2022)

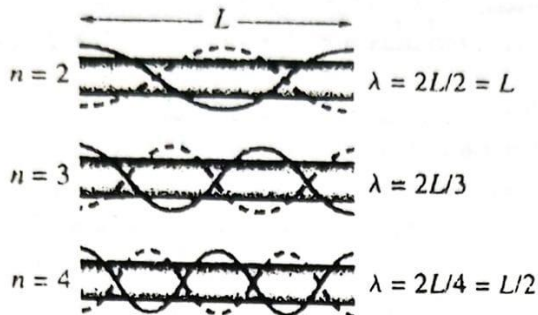
Dengan:

$F$  = tegangan dawai (N)

$L$  = panjang dawai (m)

$m$  = massa dawai (kg)

## 2) Pipa organa terbuka



Gambar 2. 7 Pipa organa dengan dua ujung terbuka

Pipa organa terbuka adalah alat tiup dengan tabung sebagai sumber getar. Pada kedua ujung pipa organa terbuka selalu terjadi perut. Hal ini berbeda dengan senar yang memiliki simpul di kedua ujungnya. Namun, hubungan panjang antara panjang gelombang dan panjang senar pada pipa organa terbuka sama. Perbandingan frekuensinya yang dihasilkan pada pipa organa terbuka oleh setiap gelombang diperlihatkan pada Persamaan 2.15.

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 2 : 3 : 4 \quad (2.15)$$

Frekuensi resonan untuk pipa organa dua ujungnya terbuka berlaku persamaan 2.16.

$$\lambda = \frac{2L}{n} \text{ untuk } n = 1, 2, 3 \dots \quad (2.16)$$

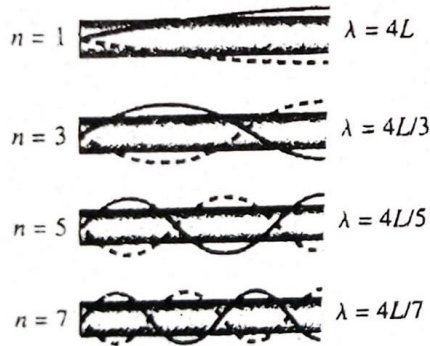
(Halliday et al., 2010)  
dengan  $\lambda$  disebut panjang gelombang,  $L$  panjang pipa dan  $n$  disebut bilangan harmoni. Frekuensi resonan untuk pipa organa dua ujungnya terbuka berlaku persamaan 2.17.

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L} \text{ untuk } n = 1, 2, 3 \dots \quad (2.17)$$

(Halliday et al., 2010)

dengan  $v$  adalah laju bunyi.

### 3) Pipa organa tertutup



Gambar 2. 8 Pipa organa tertutup

Pipa organa tertutup adalah alat tiup dengan tabung sebagai sumber getar yang salah satu ujungnya terbuka dan ujungnya yang lain tertutup. Perbandingan frekuensinya yang dihasilkan pada pipa organa tertutup oleh setiap gelombang diperlihatkan pada Persamaan 2.18

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots \quad (2.18)$$

Frekuensi resonan untuk pipa organa tertutup sesuai persamaan 2.19.

$$\lambda = \frac{4L}{n} \text{ untuk } n = 1, 3, 5 \dots \quad (2.19)$$

(Halliday et al., 2010)

Dimana  $\lambda$  disebut panjang gelombang,  $L$  panjang pipa dan  $n$  disebut bilangan harmoni bernilai ganjil.

Frekuensi resonan untuk pipa organa dua ujungnya terbuka berlaku persamaan 2.20.

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L} \text{ untuk } n = 1,3,5 \dots \quad (2.20)$$

(Halliday et al., 2010)

#### d. Efek Doppler

Perubahan frekuensi bunyi yang didengar terjadi ketika terdapat pergerakan relatif antara sumber bunyi dan pendengar. Contohnya ketika menaiki motor di jalan raya dan berpapasan dengan mobil ambulans atau mobil patrol yang membunyikan sirine. Bunyi sirine akan semakin keras saat saling mendekat satu sama lain dan semakin lemah saat bergerak saling menjauhi satu sama lain. Jika terjadi gerakan relatif antara sumber bunyi dan pendengar, frekuensi bunyi yang diterima pendengar akan berubah. Peristiwa ini dikenal sebagai efek Doppler. Ilmuwan yang pertama kali mengajukan efek ini adalah Johann Cristian Doppler berkebangsaan Austria tahun 1842 (Halliday et al., 2010). Persamaan dari efek Doppler dapat dilihat dalam Persamaan 2.21.

$$f_p = \left( \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s \quad (2.21)$$

(Halliday et al., 2010)

$v_s$  sebagai kecepatan sumber bunyi (m/s),  $v$  sebagai cepat rambat bunyi di udara (m/s) dan  $v_p$  (m/s) sebagai kecepatan pendengar, semuanya relatif terhadap Bumi.  $f_p$  sebagai frekuensi gelombang yang diterima pendengar dan  $f_s$  sebagai frekuensi gelombang yang dipancarkan oleh sumber bunyi. Untuk tanda (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi dan jika tandanya (-) pendengar menjauhi sumber bunyi.

**e. Intensitas dan Taraf Intensitas Gelombang Bunyi**

Intensitas bunyi adalah energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satuan luas tiap detiknya (Halliday et al., 2010). Intensitas bunyi juga dikenal sebagai daya persatuan luas yang tegak lurus pada arah cepat rambat gelombang. Persamaan intensitas bunyi ditulis sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{A_l} \quad (2.22)$$

(Halliday et al., 2010)

dengan:

$I$  = Intensitas gelombang bunyi ( $\text{W/m}^2$ )

$P$  = Daya gelombang (W)

$A_l$  = Luas penampang medium ( $\text{m}^2$ )

Bunyi yang tertangkap menggunakan detektor disimbolkan dengan satuan desibel (dB). Besaran ini

biasanya disebut sebagai intensitas relatif atau taraf intensitas bunyi, dengan persamaan:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.23)$$

dengan:

TI = taraf intensitas bunyi (dB)

$I_0$  = Intensitas standar =  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>

## **B. Kajian Pustaka**

Penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan telah dilaksanakan oleh peneliti terdahulu. Penelitian tersebut kemudian dijadikan landasan bagi peneliti saat ini untuk melaksanakan sebuah penelitian.

1. Penelitian Briliyandika (2021) tentang pengembangan LKPD untuk materi momentum dan impuls menunjukkan bahwa LKPD tersebut sangat valid sebagai bahan ajar bagi siswa lintas minat di MA NU AL-HIKMAH, berdasarkan hasil validasi media (91%) dan materi (86,72%). Penelitian ini menjadi rujukan, meskipun ada perbedaan pada pokok bahasan dan strategi pembelajaran yang diterapkan dalam studi ini. Penelitian Briliyandika (2021) menggunakan materi impuls dan momentum dan strategi pembelajaran REACT, sedangkan pada penelitian ini menggunakan materi gelombang bunyi dan pembelajaran dengan strategi berbantuan aplikasi *phyphox*.

2. Penelitian yang dilakukan oleh (W. A. S. Putri et al., 2022) menunjukkan bahwa hasil E-LKPD yang dikembangkan valid dengan skor 89,33% dan mencapai rata-rata N-Gain sebesar 0,70 dengan kategori tinggi. Berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa pemahaman konsep fisika peserta didik meningkat dengan menggunakan aplikasi *phyphox*. Perbedaan penelitian yang dilakukan oleh (W. A. S. Putri et al., 2022) dengan penelitian ini terletak pada format yang dikembangkan, basis penelitian, materi, dan variabel terikat. Pada penelitian ini format LKPD berupa PDF, basis penelitiannya inkuiri terbimbing, materi efek Doppler, dan variabel terikatnya untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik, sedangkan pada penelitian ini format LKPD yang digunakan berupa LKPD yang dicetak, basis penelitian dengan kearifan lokal, materi berupa gelombang bunyi, dan variabel terikatnya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Kristiyani et al., 2020) tentang pengaruh aplikasi *phyphox* pada materi getaran harmonis berbasis inkuiri terbimbing terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan hasil peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik sebesar 44%.

Kesamaan penelitian (Kristiyani et al., 2020) dengan penelitian ini adalah pada aplikasi yang digunakan dan variabel terikat berupa aplikasi *phyphox* dan kemampuan berpikir kritis. Sedangkan perbedaannya terletak pada basis penelitian, materi, dan pendekatan penelitian. Pada penelitian (Kristiyani et al., 2020) basis penelitian dengan inkuiri terbimbing, materi getaran harmonis, dan pendekatan kuantitatif. Sedangkan penelitian yang dilakukan berbasis kearifan lokal, materi gelombang bunyi dan pendekatan penelitiannya berupa penelitian pengembangan atau yang dikenal dengan R&D.

### **C. Kerangka Berpikir**

Proses pembelajaran yang terjadi di lapangan menggunakan metode yang belum diintegrasikan dengan kearifan lokal terutama dalam kesenian musik sehingga peserta didik kesulitan menghubungkan materi dengan nilai budaya dan sosial yang ada dimasyarakat.

Memilih bahan ajar dan media yang tepat sesuai kondisi di lapangan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran yang dapat berupa LKPD. Penelitian ini diawali dengan wawancara yang dilakukan di SMA Negeri 13 Semarang. Berdasarkan hasil wawancara, pembelajaran masih menggunakan bahan ajar berupa LKS yang dikeluarkan oleh penerbit dan PPT sehingga kemampuan berpikir kritis peserta didik kurang maksimal.

Pemahaman konsep fisika yang abstrak dan kemampuan berpikir kritis peserta didik juga dapat ditingkatkan dengan pelaksanaan praktikum fisika, tetapi pada saat wawancara dilakukan dengan guru fisika SMA Negeri 13 Semarang peserta didik tidak efektif melaksanakan praktikum dikarenakan beralih fungsinya ruang laboratorium fisika menjadi tempat mahasiswa dalam kegiatan PLP dan melakukan penelitian. LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* menjadi solusi dalam mengatasi masalah tersebut.

Berdasarkan studi di lapangan belum ditemukannya LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* diharapkan mempermudah peserta didik dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis. LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* memuat data hasil praktikum, sehingga akan lebih praktis dan mudah digunakan. Penyusunan kerangka berpikir dalam penelitian ini didasarkan pada fakta di lapangan, hasil analisis kebutuhan, dan identifikasi masalah yang sesuai dengan observasi di SMA Negeri 13 Semarang disajikan pada Gambar 2.9.

1. Sumber belajar masih terpaku menggunakan LKS dan PPT.
2. Metode pembelajaran belum diintegrasikan dengan kearifan lokal terutama kesenian musik.
3. Beralih fungsinya ruang laboratorium fisika menjadi ruang tempat para mahasiswa untuk kegiatan PLP dan melakukan penelitian serta alat yang berada di ruang laboratorium banyak yang rusak dan tidak layak pakai.



Diperlukan adanya LKPD yang membuat peserta didik aktif dalam pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan mempermudah memahami materi yang disertai praktikum.



Produk akhir berupa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi yang layak digunakan dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Gambar 2. 9 Kerangka Berpikir

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Pendekatan Penelitian**

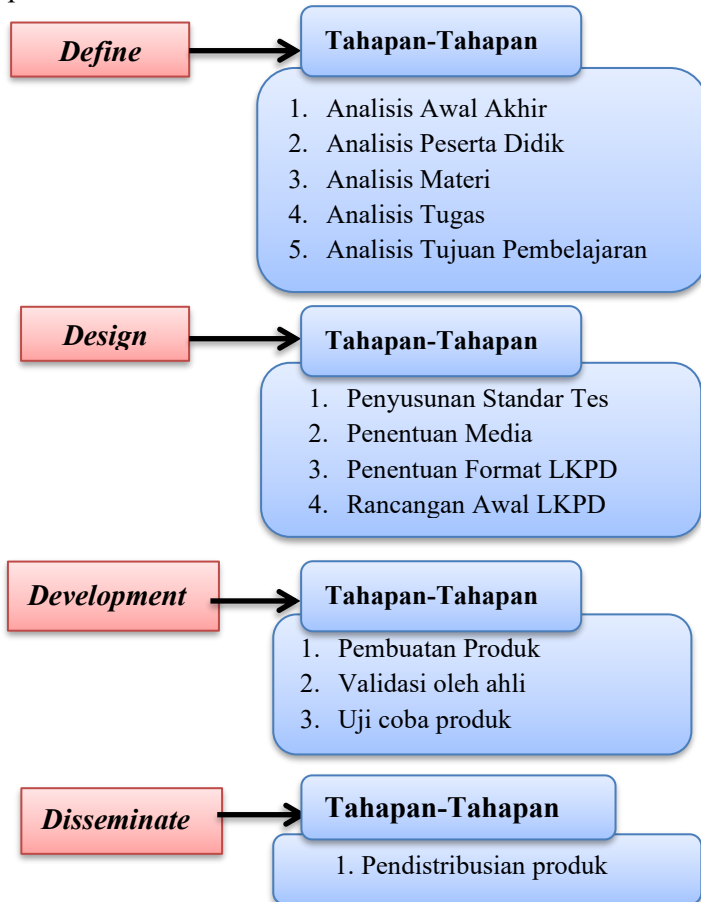
Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan atau yang dikenal sebagai R&D (*Research and Development*). Definisi dari penelitian dan pengembangan adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji kegunaan suatu produk tersebut (Sugiyono, 2013). Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.

#### **B. Model Pengembangan**

Model pengembangan dalam penelitian *R&D* ini menggunakan model 4D. Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel menyarankan model pengembangan 4D ini karena model ini cocok untuk pengembangan bahan ajar karena tahapan lebih terstruktur dan mudah dipahami. Model ini terdiri dari 4 tahap yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran) (Slamet, 2022).

### C. Prosedur Pengembangan

Peneliti menyesuaikan kebutuhan penelitian sehingga model pengembangan sampai ke tahap *Disseminate* (penyebaran) atau 4-D. Prosedur pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Prosedur Pengembangan LKPD

Tahapan-tahapan penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahapan ini dilakukan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan dalam pembelajaran. Pada tahap ini menganalisis lima kegiatan yaitu analisis awal-akhir (*front-end analysis*), analisis peserta didik (*learner analysis*), analisis materi (*concept analysis*), analisis tugas (*task analysis*), analisis tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*) (Thiagarajan et al., 1976).

a) Analisis Awal-Akhir (*front-end analysis*)

Analisis awal-akhir bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi oleh guru dan peserta didik selama pembelajaran (Thiagarajan et al., 1976). Berdasarkan wawancara dan observasi dengan guru fisika SMA Negeri 13 Semarang terhadap permasalahan permasalahan yang dialami disusunlah LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis materi gelombang bunyi.

b) Analisis Peserta Didik (*learner analysis*)

Analisis peserta didik berfokus pada karakteristik peserta didik mencakup perkembangan pengetahuan, latar belakang akademik (Slamet, 2022). Analisis peserta didik yang dilakukan oleh peneliti dengan menyebar angket kebutuhan peserta didik.

c) Analisis Materi (*concept analysis*)

Analisis materi dilakukan dengan mengkaji konsep yang diajarkan dan menyusunnya secara sistematis. Tahap ini dilakukan dengan cara menelaah Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP) pada kurikulum merdeka. Analisis materi dilakukan untuk menentukan bab atau sub bab materi yang akan dipelajari peserta didik.

d) Analisis Tugas (*task analysis*)

Analisis ini berupa analisis tugas berdasarkan nilai ulangan harian peserta didik yang telah dikerjakan.

e) Analisis Tujuan Pembelajaran (*specifying instructional objectives*)

Analisis ini berkaitan dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) agar dapat memenuhi kompetensi minimal yang diinginkan. disesuaikan dengan kurikulum merdeka dan konsep materi gelombang bunyi.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahapan ini berisi kegiatan menyusun rancangan LKPD. Desain LKPD dibuat berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Tahap ini memiliki empat langkah di antaranya:

a) Penyusunan Standar Tes (*constructing criterion referenced test*)

Penyusunan standar tes merupakan tahapan penghubung antara tahap pendefinisian dan perancangan (Thiagarajan et al., 1976). Penyusunan tes disusun berdasarkan tujuan pembelajaran dan tujuan penelitian untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik selama kegiatan pembelajaran.

Tes yang diberikan kepada peserta didik sebanyak 8 soal uraian berupa *pre test* dan *post test* untuk mengukur apakah kemampuan berpikir kritis peserta didik meningkat.

b) Penentuan Media (*media selection*)

Media pembelajaran yang diimplementasikan sesuai kebutuhan peserta didik dan hasil analisis pemecahan masalah berupa bahan ajar cetak berupa LKPD yang berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis materi gelombang bunyi.

c) Penentuan Format (*format selection*)

Penentuan format bertujuan untuk memastikan kesesuaian format dengan LKPD yang dirancang. Penyusunannya mencakup desain, isi, kegiatan pembelajaran dan sumber belajar yang relevan dengan LKPD yang dikembangkan. Karakteristik yang harus

diperhatikan dalam pemilihan format ini dibuat tampilan yang menarik sehingga membuat peserta didik antusias dalam belajar dan mudah memahami konsep dengan baik.

d) Rancangan Awal (*initial design*)

Rancangan awal berupa desain awal LKPD yang berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis materi gelombang bunyi. Rancangan awal ini disebut draft I. Rancangan awal ini dibimbingkan terlebih dahulu kepada dosen pembimbing kemudian divalidasi oleh validator ahli. Rancangan awal isi dari LKPD berupa:

1. Cover
2. Kata Pengantar
3. Petunjuk Penggunaan LKPD
4. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi *Phyphox*
5. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi Gamelan
6. Daftar Isi
7. Kompetensi yang akan dicapai terdiri dari Capaian Pembelajaran (CP) & Tujuan Pembelajaran (TP)
8. Kegiatan I: Karakterisasi gelombang bunyi
9. Kegiatan II: Efek Doppler
10. Kegiatan III: Pelayangan Bunyi
11. Daftar Pustaka

### 3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Menurut Thiagarajan (1976) tahapan pengembangan dibagi menjadi dua kegiatan yaitu *expert appraisal* dan *developmental testing*. Pada penelitian ini tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan produk pengembangan berupa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox*.

#### a) Validasi dari ahli (*expert appraisal*)

Rancangan awal atau draft I di validasi oleh validator ahli materi, ahli media dan validator praktisi. Setelah divalidasi kemudian mendapat masukan dan saran oleh validator ahli yang digunakan sebagai perbaikan perangkat agar lebih baik yang akhirnya menjadi draft II dan siap diuji cobakan di lapangan.

#### b) Uji coba pengembangan (*developmental testing*)

Uji coba pengembangan dilakukan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis, berdasarkan pengetahuan dan informasi yang mereka miliki setelah menggunakan LKPD. Uji coba dilakukan apakah LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis atau tidak. Uji ini diukur menggunakan *pre test* dan *post test* pada kelas XI materi gelombang bunyi di SMA Negeri 13 Semarang.

#### 4. Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Penelitian yang dilakukan berupa pengembangan bahan ajar sehingga pada tahap penyebaran dilakukan melalui pendistribusian dalam jumlah terbatas kepada mahasiswa pendidikan fisika angkatan 2021. Tujuan dari tahap ini agar memperoleh respons dan umpan balik terhadap LKPD yang sudah dikembangkan (Slamet, 2022).

### **D. Uji Coba Produk**

#### **1. Desain Uji Coba**

Produk hasil pengembangan perlu dilakukan uji coba untuk mengetahui kualitas dan kelayakannya. LKPD yang telah dikembangkan divalidasi terlebih dahulu oleh dosen pembimbing, validator ahli materi dan media, dan guru fisika. Setelah mendapatkan saran dan masukan dari validator peneliti akan merevisi produk sesuai saran dan masukan tersebut. Selanjutnya LKPD yang sudah direvisi akan diujikan kepada peserta didik kelas XI SMA Negeri 13 Semarang.

#### **2. Subjek Penelitian**

Subjek penelitian kepada peserta didik kelas XI SMA Negeri 13 Semarang. Penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik *purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel berdasarkan pemilihan dengan pertimbangan tertentu untuk mendapatkan sampel relevan untuk tujuan penelitian (Sugiyono, 2014b). Penentuan

sampel didasarkan pada nilai peserta didik, keaktifan peserta didik, dan jam pelajaran yang akan dilaksanakan. Subjek penelitian uji coba skala kecil menggunakan instrument soal untuk mengukur kemampuan berpikir kritis, dengan melibatkan 35 peserta didik kelas XI F3. Subjek penelitian uji coba skala besar melibatkan dua kelas yaitu kelas eksperimen pada kelas XI F1 dan kelas kontrol pada XI F2 dengan masing-masing berjumlah 36 peserta didik.

### **3. Jenis Data**

Jenis data yang digunakan berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil validasi ahli materi, ahli media dan angket hasil uji coba produk. Data kualitatif diperoleh dari kritikan, saran dan masukan yang disampaikan oleh validator.

### **4. Instrumen Pengumpulan Data**

#### **a. Teknik Angket**

Angket adalah metode pengambilan data dengan memberikan pertanyaan tertulis kepada responden dan meminta jawabannya (Sugiyono, 2013). Angket diberikan kepada validator ahli materi, ahli media, guru dan peserta didik untuk menilai produk LKPD yang dikembangkan.

b. Teknik Tes

Teknik tes merupakan sarana untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox*. Jenis tes yang digunakan berupa soal uraian tentang materi gelombang bunyi yang diujicobakan terlebih dahulu kepada 35 peserta didik kelas XI F3 untuk mendapatkan validitas, reliabilitas daya beda, dan tingkat kesukaran soal. Berdasarkan 14 soal yang diujicobakan terdapat 8 soal yang memenuhi kriteria tersebut.

Soal selanjutnya diterapkan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebagai *pre test* dan *post test* untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Soal-soal dirancang khusus dengan mengintegrasikan kearifan lokal dan indikator berpikir kritis yang selanjutnya akan digunakan sebagai *pre test* dan *post test*.

**5. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data dalam penelitian ini pada uji kelayakan LKPD oleh ahli media, ahli materi dan praktisi pendidikan fisika, uji respons peserta didik, dan efektivitas LKPD untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis sebagai berikut:

a) Analisis Data Kevalidan Produk

Analisis ini digunakan untuk mengetahui kelayakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dari validator ahli. Validitas ahli merupakan penilaian yang dilakukan ahli yang berkompeten terhadap LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis materi gelombang bunyi yang telah dikembangkan. Dalam penelitian ini terdapat aspek penilaian yang dilakukan oleh validator ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan fisika.

Penilaian kevalidan dari LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis materi gelombang bunyi dilakukan dengan pengisian angket oleh validator ahli yang memiliki kategori penilaian pada tiap aspek. Kriteria atau penentuan kelayakan LKPD diperoleh dari penilaian validasi ahli seperti Tabel 3.1.

| Tabel 3. 1 Skor penilaian validasi ahli |      |
|-----------------------------------------|------|
| Keterangan                              | Skor |
| Sangat baik (SB)                        | 4    |
| Baik(B)                                 | 3    |
| Cukup (C)                               | 2    |
| Kurang(K)                               | 1    |

Langkah-langkah yang digunakan dalam analisis validasi LKPD di antaranya (Sukendra & Atmaja, 2020):

- 1) Skor rata-rata setiap komponen dari hasil angket penilaian ahli pada persamaan 3.1

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$\bar{x}$  = skor rata-rata setiap komponen

$\sum x$  = jumlah skor total setiap komponen

$n$  = jumlah respons penilaian

- 2) Menentukan skor minimum dan maksimum dengan persamaan 3.2 dan 3.3

$$\text{skor min} = \text{skor terendah likert} \times \text{jumlah responden} \quad (3.2)$$

$$\text{skor maks} = \text{skor tertinggi likert} \times \text{jumlah responden} \quad (3.3)$$

- 3) Menghitung presentase kelayakan LKPD dengan persamaan 3.4.

$$\text{Indeks \%} = \frac{\text{total skor}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (3.4)$$

Tabel 3. 2 Kriteria penilaian ideal

| Persentase (%)           | Kategori            |
|--------------------------|---------------------|
| $81,25 \leq P \leq 100$  | Sangat layak        |
| $61,5 \leq P \leq 81,25$ | Layak               |
| $43,75 \leq P \leq 61,5$ | Kurang layak        |
| $25 \leq P \leq 43,75$   | Sangat kurang layak |

(Sugiyono, 2014)

- b) Analisis Respons Peserta Didik

Analisis respons peserta didik diperoleh melalui angket yang menunjukkan respon peserta didik terhadap LKPD. Pernyataan-pernyataan dalam angket tersebut

ditujukan untuk diisi oleh peserta didik. Angket berupa skor dengan 2 kategori dimana setuju = 1 dan tidak setuju = 0. Menghitung presentase respons peserta didik terhadap LKPD dengan persamaan 3.5.

$$\text{Indeks \%} = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

$A$  = banyaknya peserta didik yang menjawab setuju

$B$  = jumlah peserta didik

Retata skor respons peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Kategori respons peserta didik

| Persentase (%)            | Kategori      |
|---------------------------|---------------|
| $76,01 \leq P \leq 100$   | Sangat baik   |
| $51,01 \leq P \leq 76,00$ | Baik          |
| $25,01 \leq P \leq 51,00$ | Kurang        |
| $0 \leq P \leq 25,00$     | Sangat kurang |

(Riduwan & Sunarto, 2013)

#### c) Analisis Data Hasil Tes

Uji coba penelitian menggunakan tes pada kelas XI SMA Negeri 13 Semarang dengan uji coba penelitian soal tes meliputi validitas soal, reliabilitas soal, tingkat kesukaran soal, dan daya beda soal.

##### 1. Uji Validitas Butir Soal

Validitas sebuah instrumen bergantung pada validitas alat ukur yang digunakan untuk pengumpulan datanya. Valid berarti instrument

tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang akan diukur (Sugiyono, 2014). Validitas instrument pada soal uraian diujikan dengan menggunakan rumus pada persamaan 3.6.

$$r_{xy} = \frac{N \Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\}\{N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}} \quad (3.6)$$

dengan:

$r_{xy}$  = koefisien korelasi antara variabel X dan variabel Y, dua variabel yang dikorelasikan

(Arikunto, 2018)

Analisis yang diperoleh dengan membandingkan nilai  $r_{xy}$  dengan  $r_{product\ moment}$ . Soal jika valid apabila  $r_{xy} > r_{product\ moment}$  (Fuadi, 2023).

## 2. Uji Reliabilitas Butir Soal

Instrumen dikatakan reliabel jika instrument jika digunakan berulang kali untuk mengukur obyek yang sama akan menghasilkan data yang sama (Sugiyono, 2014). Penelitian ini menggunakan uji reliabilitas menggunakan rumus Alpha sebagai berikut.

$$r_{11} = \left( \frac{n}{(n-1)} \right) \left( 1 - \frac{\Sigma \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (3.7)$$

dengan

$r_{11}$  = realibilitas yang dicari

$\Sigma \sigma_i^2$  = jumlah varians skor tiap-tiap item

$\sigma_i^2$  = varians total

Analisis yang diperoleh dengan membandingkan nilai  $r_{11}$  dengan  $r_{product\ moment}$ . Soal jika reliabel apabila  $r_{11} > r_{product\ moment}$  (Arikunto, 2018).

### 3. Uji Daya Beda Soal

Daya beda digunakan untuk membedakan kompetensi peserta didik apakah sudah menguasai atau belum. Jika daya beda pada butir soal semakin tinggi maka akan semakin mampu untuk membedakan kemampuan antar peserta didik (Maghfiroh, 2022). Daya beda dihitung menggunakan rumus:

$$DP = \frac{\text{Mean kelompok atas} - \text{Mean kelompok bawah}}{\text{Skor maksimum soal}} \quad (3.8)$$

Hasil perhitungan kemudian dikelompokkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Kriteria daya beda soal

| Koefisien Reliabilitas   | Klasifikasi                          |
|--------------------------|--------------------------------------|
| $0,40 \leq DB \leq 1,00$ | Soal diterima dengan baik            |
| $0,30 \leq DB \leq 0,39$ | Soal diterima, tapi harus diperbaiki |
| $0,20 \leq DB \leq 0,29$ | Soal diperbaiki                      |
| $0,00 \leq DB \leq 0,19$ | Soal tidak dipakai                   |

(Crocker et al., 2008)

#### 4. Uji Tingkat Kesukaran Butir Soal

Uji tingkat kesukaran soal dilakukan untuk mengetahui seberapa sukar soal yang digunakan. Dikatakan baik jika soal memiliki tingkat kesukaran yang tidak terlalu sukar atau terlalu mudah. (Fuadi, 2023; Maghfiroh, 2022). Uji tingkat kesukaran soal menggunakan rumus:

$$Mean = \frac{\text{Jumlah skor peserta didik peserta tes pada suatu soal}}{\text{Jumlah peserta didik yang mengikuti tes}} \quad (3.9)$$

$$\text{Tingkat Kesulitan} = \frac{Mean}{\text{Skor maksimum yang ditetapkan}} \quad (3.10)$$

(Brookhart & Nitko, 2018)

Hasil perhitungan menggunakan rumus diatas dikelompokkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Kriteria tingkat kesukaran butir soal

| Rentang indeks kesukaran butir soal | Kriteria |
|-------------------------------------|----------|
| $0,70 \leq TK \leq 1,00$            | Mudah    |
| $0,30 \leq TK \leq 0,70$            | Sedang   |
| $0,00 \leq TK \leq 0,30$            | Sukar    |

(Aiken, 1994)

#### d) Analisis Prasyarat

Sebelum menguji hipotesis dilakukan uji prasyarat analisis. Uji ini terdiri dari tiga macam di antaranya:

##### 1. Uji Homogenitas

Uji homogenitas berfungsi untuk mengetahui sampel yang digunakan dalam penelitian berasal dari populasi apakah homogen atau tidak. Metode uji

*Levena statistic* digunakan untuk melakukan uji homogenitas dengan bantuan *software* SPSS 22.0. Dikatakan homogen jika nilai probabilitas (Sig.) lebih dari  $> 0,05$  dan jika tidak homogen nilai probabilitas (Sig.)  $< 0,05$  (Fuadi, 2023; Sugiyono, 2014).

## 2. Uji Normalitas

Sugiyono (2014) menyatakan bahwa uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah data *pre test* dan *post test* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol berasal dari populasi dengan distribusi normal. Jika data berdistribusi normal menggunakan metode patametrik, tetapi untuk dapat tidak normal menggunakan metode non-parametrik. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan *software* SPSS 22.0. dengan teknik *Shapiro-Wilk*. Data berdistribusi normal jika nilai (Sig.)  $> 0,05$  dan jika tidak normal nilai (Sig.)  $< 0,05$ .

## 3. Uji Hipotesis

### a. Uji *Paired Samples T-Test*

Uji-T dua sampel digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok yang berpasangan. Uji ini menentukan apakah ada perbedaan signifikan antara data sebelum dan sesudah perlakuan (*pre test* dan *post test*). Syarat

uji-T meliputi distribusi data yang normal, sifat data yang dependen (saling berhubungan), serta jenis data numerik dan kategorik (dua kelompok). Uji hipotesis pihak kanan dilakukan setelah uji-t dua sampel berkorelasi untuk menentukan perbedaan antara kelas eksperimen dan kontrol sebelum dan setelah perlakuan (Sugiyono, 2014).

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

$H_0$  = tidak ada pengaruh penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

$H_a$  = ada pengaruh penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Kriteria dari uji-t diantaranya:

1)  $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$

Nilai signifikan uji  $t < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Maksudnya dalam penelitian yang dilakukan ada pengaruh penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI SMA Negeri 13 Semarang.

2)  $H_a: \mu_1 > \mu_2$

Nilai signifikan uji  $t > 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  diterima. Maksudnya dalam penelitian yang dilakukan tidak ada pengaruh penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI SMA Negeri 13 Semarang.

Uji-T dua sampel berkolerasi akan dilakukan menggunakan *software* SPSS 22.0 agar dalam pengolahan data lebih mudah.

b. Uji N-Gain

Analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik diperoleh dari data nilai *pre test* dan *post test* bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik menggunakan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi. Untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik menggunakan uji N-Gain dengan menggunakan nilai sebelum pembelajaran (*pretest*) dan sesudah pembelajaran (*posttest*). Nilai N-Gain dihitung menggunakan persamaan 3.11.

$$(g) = \frac{Posttest\ Score - Pretest\ Score}{Maximum\ Score - Pretest\ Score} \quad (3.11)$$

Hasil perhitungan N-Gain selanjutnya disesuaikan dengan kriteria yang terdapat pada Tabel 3.6

| Tabel 3. 6 Kriteria skor N-Gain |          |
|---------------------------------|----------|
| N-Gain skor (g)                 | Kriteria |
| $g \geq 0,7$                    | Tinggi   |
| $0,3 \leq g \leq 0,7$           | Sedang   |
| $g < 0,3$                       | Rendah   |

(Arikunto, 2018)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Pengembangan Produk Awal**

Sebagaimana diuraikan di Bab III. Adapun pengembangan produk awal LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dengan format:

1. Cover
2. Kata Pengantar
3. Petunjuk Penggunaan LKPD
4. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi *Phyphox*
5. Cara Pemasangan & Penggunaan Aplikasi Gamelan
6. Daftar Isi
7. Kompetensi yang akan dicapai terdiri dari Capaian Pembelajaran (CP) & Tujuan Pembelajaran (TP)
8. Kegiatan I: Karakterisasi gelombang bunyi
9. Kegiatan II: Efek Doppler
10. Kegiatan III: Pelayangan Bunyi
11. Daftar Pustaka

Desain rancangan awal LKPD dikembangkan dengan tujuan utama untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini diwujudkan melalui integrasi kearifan lokal yang tercermin dari penggunaan gamelan dan pemanfaatan aplikasi *phyphox* sebagai kegiatan dalam pembelajaran. Kemampuan berpikir kritis peserta didik diasah

melalui berbagai kegiatan seperti menganalisis dan membandingkan data, menarik kesimpulan logis berdasarkan bukti empiris, mengidentifikasi hubungan sebab akibat antara jenis nada dan frekuensi hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.

1. Adapun hasil rancangan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.



**E. Data percobaan (15 menit)**

1. Kenong Slendro

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |   |   | Rata-rata Frekuensi $f$ (Hz) | Periode (s) |   |   | Rata-rata Periode $P$ (s) |
|-------------|----------------|---|---|------------------------------|-------------|---|---|---------------------------|
|             | 1              | 2 | 3 |                              | 1           | 2 | 3 |                           |
| 1           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 2           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 3           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 5           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 6           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |

2. Kenong Pelog

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |   |   | Rata-rata Frekuensi $f$ (Hz) | Periode (s) |   |   | Rata-rata Periode $P$ (s) |
|-------------|----------------|---|---|------------------------------|-------------|---|---|---------------------------|
|             | 1              | 2 | 3 |                              | 1           | 2 | 3 |                           |
| 1           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 2           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 3           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 5           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 6           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |
| 7           |                |   |   |                              |             |   |   |                           |

**F. Pertanyaan (10 menit)**

1. Berdasarkan data percobaan, kenong manakah yang menghasilkan frekuensi lebih besar?  
Jawab:

2. Jika ingin menghasilkan nada lebih tinggi, kenong manakah yang dipilih? Jelaskan!  
Jawab:

3. Analisislah perbedaan tingkatan nada pada kenong slendro dengan tingkatan nada 1 & 7 dengan frekuensi dan periode yang dihasilkan!  
Jawab:

Gambar 4. 1 Desain Rancangan Awal Kegiatan 1

## B. Validasi Produk

Desain rancangan produk yang telah dikembangkan, kemudian divalidasi. Bagian validasi produk merupakan bagian dari pengembangan 4D tahap pengembangan (*Develop*), Produk yang dikembangkan perlu dilakukan validasi, tujuannya untuk mengetahui layak atau tidaknya produk yang sudah dikembangkan. Validasi produk dilakukan oleh 3 validator ahli materi dan media serta satu guru fisika di SMA Negeri 13 Semarang. Adapun hasil validasi produk sebagai berikut:

### 1. Penilaian Validasi Ahli Materi

Hasil penilaian kualitas materi pada LKPD yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Validasi Ahli Materi

| Aspek Penilaian                    | Indikat<br>or<br>Penilai<br>an | Hasil Validasi |                 |                  |                 |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                    |                                | Validator<br>I | Validator<br>II | Validator<br>III | Validator<br>IV |
| Kelayakan Isi                      | 1                              | 4              | 4               | 4                | 4               |
|                                    | 2                              | 3              | 3               | 4                | 3               |
|                                    | 3                              | 4              | 4               | 3                | 3               |
| Kelayakan<br>Penyajian             | 4                              | 3              | 4               | 3                | 4               |
|                                    | 5                              | 4              | 3               | 3                | 4               |
|                                    | 6                              | 4              | 4               | 4                | 3               |
| Kebahasaan                         | 7                              | 4              | 3               | 3                | 4               |
|                                    | 8                              | 4              | 3               | 3                | 4               |
|                                    | 9                              | 4              | 3               | 3                | 4               |
|                                    | 10                             | 4              | 4               | 3                | 4               |
| Berbasis                           | 11                             | 4              | 4               | 4                | 4               |
| Kearifan Lokal                     | 12                             | 4              | 4               | 4                | 4               |
| Berbantuan                         | 13                             | 4              | 4               | 4                | 4               |
| Aplikasi<br>Phyphox dan<br>Gamelan |                                |                |                 |                  |                 |
| Total Skor                         |                                | 50             | 47              | 45               | 49              |
| <b>Indeks Kelayakan</b>            |                                | <b>91,8%</b>   |                 |                  |                 |

Berdasarkan Tabel 4.1 penilaian ahli materi pada LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil persentase menunjukkan bahwa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dapat digunakan pada pembelajaran di sekolah. Namun, kelayakan yang diperoleh masih harus direvisi sesuai masukan dan saran dari validator ahli materi.

Masukan dan saran yang diberikan oleh validator terhadap LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Masukan dan Saran dari Validator Ahli Materi**

|               |                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Validator I   | a. Pada halaman 4 LKPD ditambahkan gambar gelombang transversal                                                        |
| Validator III | a. Satuan frekuensi diperbaiki<br>b. Pada kotak informasi untuk gambarnya disebutkan jenis-jenis gamelan yang dibahas. |

## 2. Penilaian Validasi Ahli Media

Hasil penilaian terhadap kualitas LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4. 3 Hasil Validasi Ahli Media**

| Aspek Penilaian         | Indikator<br>or<br>Penilaian | Hasil Validasi |              |               |              |
|-------------------------|------------------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|
|                         |                              | Validator I    | Validator II | Validator III | Validator IV |
| Ukuran LKPD             | 1                            | 4              | 4            | 4             | 4            |
| Desain Cover            | 2                            | 4              | 4            | 4             | 4            |
| LKPD                    | 3                            | 4              | 4            | 3             | 4            |
| Desain Isi              | 4                            | 4              | 4            | 3             | 4            |
| LKPD                    | 5                            | 4              | 4            | 3             | 3            |
|                         | 6                            | 3              | 3            | 3             | 3            |
| Total Skor              |                              | 23             | 23           | 20            | 22           |
| <b>Indeks Kelayakan</b> |                              | <b>91,6%</b>   |              |               |              |

Berdasarkan Tabel 4.3 penilaian ahli media pada LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil persentase menunjukkan bahwa integrasi antara konten kearifan lokal dan aplikasi *phyphox* dinilai efektif dan sesuai untuk tujuan pembelajaran. Namun, kelayakan yang diperoleh masih harus direvisi sesuai masukan dan saran dari validator ahli media.

Masukan dan saran yang diberikan oleh validator terhadap LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Masukan dan Saran dari Validator Ahli Media

|               |                                                                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Validator III | a. Ukuran dan font disamakan pada halaman 16.                                                                 |
| Validator IV  | a. Perpaduan warna diperbaiki pada bagian cover.<br>b. Menggunakan warna yang konstan pada keterangan gambar. |

### C. Revisi Produk

Produk awal yang sudah dinilai oleh validator, selanjutnya direvisi. Adapun hasil perbaikan sebagai berikut:

#### 1. Ahli Materi

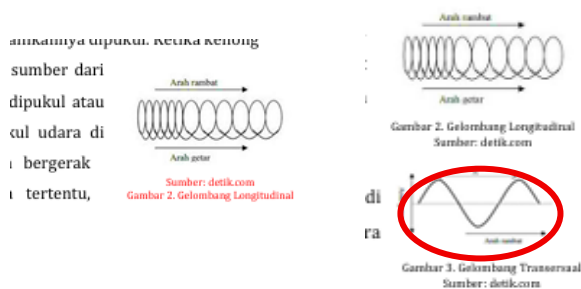
- a. Kesalahan penulisan satuan frekuensi di halaman 4 (Heartz), setelah direvisi kalimatnya menjadi Hertz. Gambar Sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

ka banyaknya getaran atau gelombang se  
Satuan frekuensi dinyatakan dalam Hz (Hertz).

ka banyaknya getaran atau gelombang selar  
Satuan frekuensi dinyatakan dalam Hz (Hertz).

Gambar 4. 2 Hasil Revisi Produk

- b. Pada halaman 4 hanya ada gambar gelombang longitudinal perlu ditambahi gambar gelombang transversal. Gambar Sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



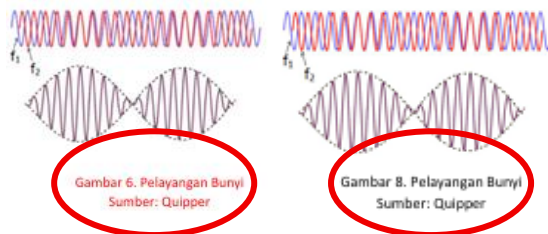
Gambar 4. 3 Hasil Revisi Produk

- c. Kotak informasi tentang alat musik gamelan pada halaman 4, 10, dan 16 diberikan keterangan jenis-jenis alat musiknya. Gambar Sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



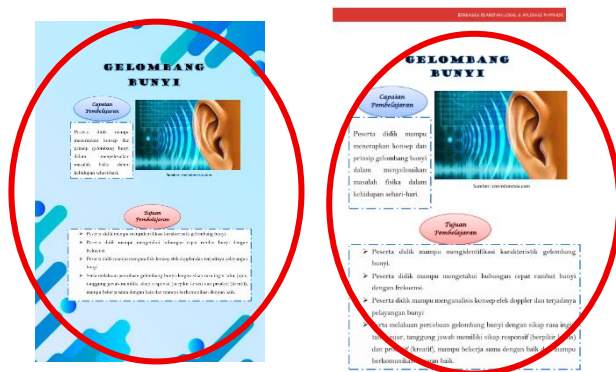
Gambar 4. 4 Hasil Revisi Produk

- d. Keterangan gambar warnanya tidak konstan sehingga perlu diperbaiki penulisannya. Gambar Sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil Revisi Produk

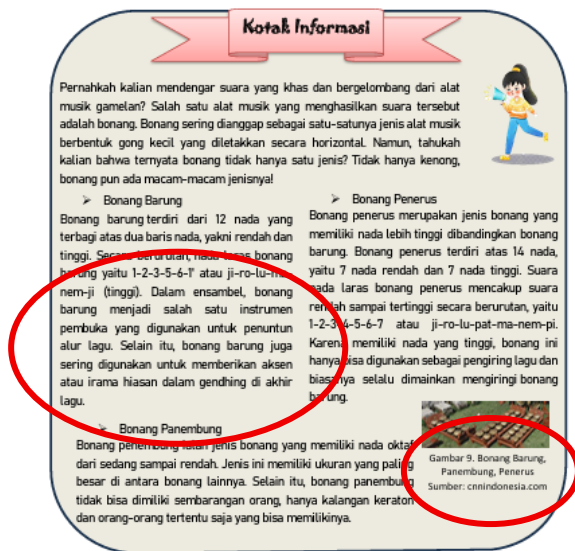
- e. Perpaduan warna pada bagian cover terkesan mati, backgroundnya dapat diganti atau dibuang. Gambar Sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hasil Revisi Produk

f. Ukuran dan font disamakan pada kotak informasi halaman 16, hasil revisi dapat dilihat pada Gambar 4.7.





Gambar 4. 7 Hasil Revisi Produk

#### **D. Hasil Uji Coba Lapangan**

Hasil revisi kemudian diujicobakan kepada peserta didik, uji coba lapangan merupakan tahap lanjutan dari tahap pengembangan (*Develop*). Uji coba lapangan terdiri dari uji coba produk dan uji coba instrumen tes. Uji coba produk dilakukan pada tanggal 17 dan 24 April 2025 pukul 08.20-10.40 WIB. Subjek penelitian pada uji coba produk berupa peserta didik kelas XI F1 SMA Negeri 13 Semarang. Produk diujicobakan kepada peserta didik untuk mengetahui respons mereka setelah menggunakan produk dan efektivitas produk dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Kegiatan uji coba produk berisi tiga praktikum yang harus dikerjakan oleh peserta didik secara berkelompok. Praktikum tersebut meliputi karakterisasi gelombang bunyi, efek Doppler, dan pelayangan bunyi. Setelah kegiatan praktikum selesai, dilakukan tes untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan produk yang dikembangkan.

Selain melakukan uji coba produk dilakukan uji coba instrument test. Uji coba instrumen dibagi menjadi beberapa tahap diantaranya:

##### **1. Analisis Data Instrumen**

###### **a. Validitas**

Analisis butir soal yang valid akan digunakan sebagai soal *pre test* dan *post test*. Sebaliknya butir soal yang

tidak valid tidak dapat digunakan sebagai soal *pre test* dan *post test*. Butir soal akan diujicobakan terlebih dahulu kepada peserta didik yang berjumlah 35.

Hasil soal yang dikerjakan selanjutnya akan diuji validitasnya. Hasil perhitungan validitas soal dari  $r_{xy}$  dibandingkan dengan  $r$  tabel pada taraf signifikan, jika nilai  $r_{xy} > 0,334$  maka soal dikatakan valid. Tabel 4.5 menunjukkan hasil validitas soal.

| Tabel 4. 5 Hasil Validitas Soal |             |
|---------------------------------|-------------|
| Nomor Soal                      | Keterangan  |
| 2,5,6,8,9,12,13,14              | Valid       |
| 1,3,4,7,10,11                   | Tidak valid |

#### b. Reliabilitas

Uji reliabilitas dengan membandingkan hasil akhir dari  $r_{hitung}$  dengan  $r_{tabel}$  pada taraf signifikan. Jika  $r_{hitung} > r_{tabel}$  soal dikatakan reliabel. Nilai  $r_{tabel}$  untuk 14 soal sebesar 0,532 dan hasil analisis reliabilitas dari uji coba skala kecil dengan 14 soal didapatkan 0,514. Hasil perhitungan reabilitas soal kurang dari  $r_{tabel}$  sehingga dikatakan soal tidak reliabel. Kemudian untuk mendapatkan soal yang reliabel syaratnya dengan membuang salah satu soal yang tidak valid yaitu nomor 11, sehingga nilai reliabilitas untuk 13 soal menjadi 0,556. Nilai  $r_{tabel}$  untuk 13 soal sebesar 0,553, sehingga

$r_{hitung} > r_{tabel}$  dapat dikatakan soal tes yang digunakan reliabel.

c. Daya Beda

Penggunaan analisis daya pembeda butir soal untuk memahami tentang sanggup tidaknya soal dalam pembedaan antara peserta didik yang termasuk mampu dengan peserta didik yang lemah dalam bidang akademik. Analisis daya beda soal dilakukan dengan diambil masing-masing 10 peserta didik dengan rangking atas dan bawah. Hasil analisis daya beda soal dapat dilihat pada Tabel 4. 6 berikut.

| Tabel 4. 6 Hasil Daya Beda Soal |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Nomor Soal                      | Kriteria                             |
| 5,8,9,12                        | Soal diterima dengan baik            |
| 13                              | Soal diterima, tapi harus diperbaiki |
| -                               | Soal diperbaiki                      |
| 1,2,3,4,6,7,10,11,14            | Soal dibuang                         |

Soal pada nomor 2,6, dan 14 pada kriteria soal dibuang akan tetap digunakan oleh peneliti. Soal tersebut direvisi kembali dengan dosen pembimbing agar bisa digunakan kembali untuk penelitian.

d. Tingkat Kesukaran Soal

Soal yang baik adalah soal yang tidak terlalu mudah atau tidak terlalu sukar(Arikunto, 2018). Soal yang akan digunakan untuk pre test dan post test terdapat pada kategori mudah sebesar tiga soal yaitu nomor 2,8,9,13,

kategori sedang sebesar tiga soal yaitu nomor 5,12,14, dan kategori sukar satu soal yaitu nomor 6. Hasil tingkat kesukaran soal dapat dilihat pada Tabel 4. 7 berikut.

Tabel 4. 7 Analisis Tingkat Kesukaran Butir Soal

| Nomor Soal          | Kriteria |
|---------------------|----------|
| 2,3,8,9,13          | Mudah    |
| 1,4,5,7,10,11,12,14 | Sedang   |
| 6                   | Sukar    |

## 2. Analisis Data Uji Prasyarat

### a. Uji Normalitas

Analisis uji prasyarat yang selanjutnya berupa uji normalitas. Uji normalitas menggunakan teknik *Shapiro-Wilk* karena populasi dari kelas eksperimen dan kontrol kurang dari 50. Kriteria pengambilan keputusan jika  $(Sig) > 0,05$  maka data berdistribusi normal dan jika  $(Sig) < 0,05$  maka data tidak terdistribusi normal Hasil analisis normalitas ditunjukkan pada Tabel 4. 8.

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Uji Normalitas

| Kelompok   | <i>Shapiro-Wilk</i> | Keputusan |
|------------|---------------------|-----------|
| Eksperimen | <i>pre test</i>     | 0,104     |
|            | <i>post test</i>    | 0,438     |
| Kontrol    | <i>pre test</i>     | 0,323     |
|            | <i>post test</i>    | 0,496     |

### b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui varians dan populasi yang diambil sama atau tidak. Berdasarkan analisis uji homogenitas kelas eksperimen dan kontrol nilai probabilitas yang didapatkan sebesar 0,869. Hasil

yang didapatkan dibandingkan dengan alpha level 0,05, sehingga  $0,869 > 0,05$  data dinyatakan homogen.

c. Uji Hipotesis

1) Uji *Paired Samples t-test*

Uji ini digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil analisis *paired Samples t-test* nilai dari kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 4. 9.

Tabel 4. 9 Analisis Paired Samples t-test

| Kelompok   |                  | Mean  |
|------------|------------------|-------|
| Eksperimen | <i>Pre test</i>  | 29,11 |
|            | <i>Post test</i> | 58,89 |
| Kontrol    | <i>Pre test</i>  | 36,41 |
|            | <i>Post test</i> | 56,03 |

Kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen dan kelas kontrol mengalami perbedaan setelah mendapatkan perlakuan yang berbeda. Kelas eksperimen menghasilkan rata-rata nilai *post test* lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol.

Hasil analisis uji *Paired Samples t-test* yang telah dilakukan didapatkan nilai signifikan  $< 0,001$ , sehingga nilai signifikan uji t yang telah dilakukan  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima dapat disimpulkan ada perbedaan pengaruh kelas eksperimen dengan menggunakan LKPD daripada

kelas kontrol untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

## 2) N-Gain

Analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen dan kontrol dilakukan dengan menggunakan uji N-Gain. Analisis yang dipakai menggunakan data nilai *pre test* dan *post test* peserta didik. Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,42 dengan kategori sedang dan nilai N-Gain kelas kontrol sebesar 0,3 dengan kategori sedang. Hasil perbandingan skor N-Gain untuk kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol, yang artinya kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol.

## 3. Analisis Respons Peserta Didik

Analisis respons peserta didik diperoleh dengan memberikan angket penilaian LKPD yang telah dikembangkan. Hasil analisis angket respons peserta didik dapat dilihat pada Tabel 4. 10.

Tabel 4. 10 Hasil Analisis Respons Peserta Didik

| No | Aspek                          | Presentase | Kategori    |
|----|--------------------------------|------------|-------------|
| 1  | Kualitas LKPD                  | 97,92%     | Sangat Baik |
| 2  | Kepenulisan (Simbol dan Rumus) | 89,81%     | Sangat Baik |
| 3  | Kebahasaan                     | 88,89%     | Sangat Baik |
| 4  | Pengalaman Belajar             | 88,19%     | Sangat Baik |
| 5  | Berpikir Kritis                | 93,98%     | Sangat Baik |

| No | Aspek                               | Presentase | Kategori    |
|----|-------------------------------------|------------|-------------|
| 6  | Integrasi Kearifan Lokal            | 99,07%     | Sangat Baik |
| 7  | Pemanfaatan Aplikasi <i>Phyphox</i> | 94,4%      | Sangat Baik |
| 8  | Pemanfaatan Aplikasi Gamelan        | 94,4%      | Sangat Baik |

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan peserta didik memberikan respons positif terhadap LKPD yang dikembangkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan telah dirancang dengan sangat baik dan diterima serta bermanfaat bagi peserta didik dalam proses pembelajaran.

### **E. Penyebaran Produk**

Setelah melakukan uji coba lapangan yang merupakan bagian dari tahap pengembangan (*Develop*), tahap selanjutnya yaitu penyebaran produk (*Disseminate*). Penyebaran produk telah dilakukan pada tanggal 18 Juni 2025 pukul 11.00 WIB. Tahap ini dilakukan dengan mempresentasikan produk yang telah dikembangkan dan hasil uji coba lapangan yang telah dilakukan kepada mahasiswa program studi pendidikan fisika UIN Walisongo Semarang angkatan 2021 yang berjumlah 5 orang.

Kegiatan disseminasi ini menghasilkan saran dan masukan oleh peserta kepada peneliti. Adapun pertanyaan saran dan masukan yang telah diberikan kepada peneliti diantaranya:

1. Lebih diperhatikan lagi kepenulisan simbol dan rumus dalam produk LKPD yang telah dikembangkan.
2. Pertanyaan tentang bagaimana keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.
3. Pertanyaan tentang berapa validator dalam penilaian kelayakan produk.
4. Pertanyaan tentang berapa lama proses pembuatan produk.



Gambar 4 8 Kegiatan Disseminasi Produk

## **F. Pembahasan**

### **1. Kelayakan LKPD Hasil Pengembangan**

Kelayakan LKPD dinilai berdasarkan hasil validasi oleh validator ahli materi dan media. Validator terdiri dari tiga dosen fisika dan satu guru mapel fisika di SMA Negeri 13 Semarang. Berdasarkan Tabel 4.1, hasil validasi ahli materi mendapatkan presentase sebesar 91,8% kategori sangat layak hal ini menunjukkan bahwa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* memiliki kualitas materi yang sangat baik.

Hasil penilaian ahli media yang disajikan pada Tabel 4.2 juga menunjukkan kualitas media yang sangat baik. Hasil presentase didapatkan sebesar 91,6% dengan kategori sangat layak. Hal ini menandakan desain fisik dan tampilan LKPD sangat baik.

Dengan demikian, berdasarkan keseluruhan hasil validasi dari ahli materi dan ahli media, LKPD ini dinyatakan sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Hal tersebut didukung dengan lengkapnya materi yang termuat dalam LKPD yang terintegrasi kearifan lokal serta berisikan gambar yang mendukung pemahaman materi. Dari segi media, desain dan warna yang digunakan cukup menarik dan sesuai dengan materi. LKPD yang telah divalidasi kemudian direvisi sesuai saran dan masukan oleh validator untuk menghasilkan produk yang maksimal.

Syarat LKPD yang baik menurut BSNP (2012) mencakup tiga kriteria kelayakan yaitu dari segi konten, penyajian dan Bahasa. Hal tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 bahwa materi yang termuat dalam LKPD menyajikan materi gelombang bunyi dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari yang sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) dengan hasil validasi sebesar 89,6%. Setiap bagian materi dalam LKPD dirancang untuk secara langsung mendukung pencapaian Tujuan Pembelajaran (TP). Mulai dari pengenalan konsep dasar, pemberian definisi, penyajian prosedur, hingga tampilan output dan latihan, setiap elemen LKPD disusun secara sistematis.

Hasil analisis kelayakan pada aspek kelayakan isi menunjukkan ketercapaian indikator yang diperlukan dalam penyusunan LKPD mencakup, kesesuaian materi yang disajikan dengan konsep yang berlaku dalam bidang fisika dan ilmu pengetahuan. Selanjutnya pada aspek kelayakan penyajian, LKPD yang disusun sesuai dengan indikator yang telah ditetapkan dimana sistematika yang disajikan dimulai dari judul kegiatan, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah kerja, tabel percobaan, pertanyaan, dan pembahasan. Muatan materi dalam LKPD telah memenuhi kaidah kebahasaan sesuai dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI), sehingga aspek kebahasaan dapat tercapai dengan baik.

Pengembangan LKPD ini memiliki karakteristik integrasi antara kearifan lokal berupa kesenian alat musik gamelan dengan aplikasi *phyphox* untuk kegiatan praktikum. Inovasi ini berhasil menginternalisasikan nilai-nilai budaya dalam pembelajaran sekaligus meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Selain itu, pendekatan ini secara tidak langsung berfungsi sebagai pengingat akan warisan budaya yang mulai terlupakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Utiah & Paramata (2018) mengenai pengembangan E-LKPD yang membuktikan bahwa pendekatan berbasis kearifan lokal mampu menghasilkan produk dengan tingkat kelayakan tinggi sekaligus

meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Dengan kearifan lokal menjadikan LKPD itu memiliki nilai kelayakan yang bagus dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Setiyaningsih (2022) LKPD yang baik dari segi media harus menarik, informatif, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Hasil pengembangan LKPD yang telah dilakukan memenuhi kriteria kelayakan media yang dibuktikan melalui desain sampul yang memiliki kejelasan judul, penggunaan tulisan dan gambar yang tepat, serta ilustrasi sampul yang mampu memperjelas materi yang disampaikan. Selain itu, ilustrasi di dalam LKPD juga disajikan dengan bentuk, ukuran, dan warna yang menarik.

## 2. Respons Peserta Didik Terhadap LKPD Hasil Pengembangan

Respons peserta didik kelas XI F1 SMA Negeri 13 Semarang terhadap LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.10. Hasil analisis angket menunjukkan respons yang sangat positif dari peserta didik. Kualitas LKPD, kepenulisan (simbol dan rumus), serta kebahasaan mendapatkan persentase tinggi dengan kategori sangat baik mengindikasikan bahwa LKPD mudah dipahami, disajikan dengan jelas, dan dinilai baik secara keseluruhan.

LKPD yang dikembangkan menciptakan pengalaman belajar yang positif dan secara efektif mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan persentase 93,98%. Pemanfaatan aplikasi *phyphox* dan gamelan, sebagai bentuk integrasi unsur teknologi dan kearifan lokal, mendapatkan penilaian sangat baik dari peserta didik. Hal ini menunjukkan apresiasi tinggi terhadap relevansi budaya dan teknologi dalam pembelajaran yang disajikan melalui LKPD. Sehingga, respons peserta didik terhadap LKPD yang dikembangkan ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* dapat menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan, relevan, serta mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

LKPD yang dikembangkan menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam memfasilitasi pemahaman materi gelombang bunyi bagi peserta didik. Berdasarkan hasil angket yang dapat dilihat pada Lampiran 18, sebagian besar peserta didik menyatakan bahwa mereka dapat memahami materi gelombang bunyi dengan mudah menggunakan LKPD ini. Hal ini mengindikasikan bahwa LKPD berhasil menyajikan materi secara jelas dan terstruktur, sehingga peserta didik dapat menginternalisasi konsep-konsep fisika dengan lebih baik. Hal ini sejalan penelitian Risamasu & Pieter (2024) bahwa LKPD yang dirancang dengan

memperhatikan konteks nyata dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

LKPD yang dikembangkan berhasil meningkatkan minat belajar peserta didik. Mayoritas peserta didik menyatakan bahwa mereka lebih tertarik belajar menggunakan LKPD ini dibandingkan dengan LKPD yang biasa digunakan. Peningkatan minat ini disebabkan adanya integrasi kearifan lokal, khususnya dalam kesenian musik tradisional, serta pemanfaatan aplikasi *phyphox* yang menyajikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Penelitian yang dilakukan oleh Tarsha (2024) mengungkapkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi, seperti aplikasi, dapat meningkatkan minat belajar peserta didik karena sifatnya yang menarik dan memudahkan visualisasi konsep abstrak.

Aspek partisipasi aktif peserta didik dalam pembelajaran juga menunjukkan hasil positif. Kegiatan dalam LKPD menjadikan peserta didik lebih aktif dalam pembelajaran. Ini menunjukkan bahwa LKPD dirancang untuk mendorong peserta didik untuk tidak hanya menjadi penerima informasi pasif, tetapi juga terlibat aktif dalam eksplorasi dan pemecahan masalah. Aktivitas yang didorong oleh LKPD ini, seperti melatih menemukan alasan jawaban dan memberikan penjelasan sederhana dari

kasus yang ada, serta bekerja sama dalam kegiatan pembelajaran secara langsung mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini diperkuat oleh penelitian Taryono (2019) menjelaskan bahwa pembelajaran yang menekankan pada aktivitas dan keterlibatan langsung peserta didik dapat meningkatkan keaktifan dan pemahaman materi.

Peserta didik menyatakan bahwa materi yang disajikan dalam LKPD memberikan pengetahuan baru bagi mereka. Integrasi kearifan lokal, khususnya dalam kesenian musik tradisional gamelan dalam bentuk aplikasi, tidak hanya memperdalam pemahaman materi gelombang bunyi tetapi juga menumbuhkan kecintaan terhadap musik tradisional. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sae (2021) mendukung penelitian ini, menyatakan bahwa penggabungan materi pembelajaran dengan konteks lokal dapat meningkatkan pemahaman konsep dan memberikan pengetahuan baru yang relevan bagi peserta didik.

Pengembangan LKPD ini menghadirkan inovasi melalui integrasi antara kearifan lokal dengan aplikasi *phyphox* dalam desain pembelajaran, hal itu menjadikan peserta didik aktif dalam bertanya dan menjawab, berdiskusi, tertarik untuk belajar yang menjadi stimulus dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Fitriani et al., (2021) bahwa

peserta didik berperan aktif dalam kegiatan kelompok dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

### 3. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Pengimplementasian kemampuan berpikir kritis dalam LKPD terlaksana dengan baik. Hal tersebut dibuktikan dengan kesesuaian materi dengan indikator berpikir kritis. Aspek Indikator memberikan penjelasan sederhana dengan sub indikator menganalisis argument dibuktikan dengan kegiatan peserta didik diminta untuk menganalisis data hasil percobaan misalnya, dari penggunaan aplikasi *phyphox* untuk mengukur frekuensi, kemudian merumuskan argumen berdasarkan data tersebut. Pada aspek indikator kedua yaitu membangun keterampilan dasar dibuktikan dengan kegiatan peserta didik melakukan percobaan menggunakan aplikasi *phyphox* untuk mengamati fenomena gelombang bunyi misalnya, mengukur frekuensi bunyi, mencatat hasil pengamatan dengan teliti, dan menginterpretasikan apa yang mereka amati dalam konteks konsep gelombang bunyi.

Indikator kemampuan berpikir kritis pada aspek menyimpulkan sub indikator membuat deduksi dibuktikan dengan peserta didik mampu menerapkan rumus-rumus atau prinsip-prinsip fisika yang sudah dipelajari untuk menghitung nilai-nilai tertentu berdasarkan data yang tersedia dari soal atau hasil percobaan. Misalnya, dari cepat

rambat bunyi dan frekuensi, siswa dapat menduksi panjang gelombang bunyi.

Memberikan penjelasan lanjut pada indikator keempat kemampuan berpikir kritis dibuktikan dengan kegiatan peserta didik untuk menganalisis karakteristik gelombang bunyi yang didukung dengan bentuk persamaan. Indikator yang kelima yaitu mengatur strategi dan taktik dibuktikan dengan Contoh soal pelayangan bunyi membutuhkan siswa untuk merumuskan strategi menghitung frekuensi pendengar, kemudian frekuensi pelayangan, menunjukkan serangkaian taktik yang diterapkan.

Hasil *post test* yang didapatkan pada kelas eksperimen mendapatkan nilai rata-rata sebesar 58,89 dengan skor N-Gain 0,42, sedangkan pada kelas kontrol nilai rata-rata *post test* didapatkan sebesar 56,03 dengan skor N-Gain 0,30. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada kelas XI F1 di SMA Negeri 13 Semarang sebagai kelas eksperimen lebih baik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis daripada menggunakan LKPD hanya berisikan latihan soal yang digunakan pada kelas XI F2 SMA Negeri 13 Semarang sebagai kelas kontrol. Hal tersebut didukung penelitian yang dilakukan oleh Atiqoh (2024) dengan integrasi kearifan lokal dan aplikasi *phyphox* sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Perbandingan kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen dan kontrol yang dianalisis menggunakan uji *paired sample t-test* didapatkan hasil bahwa nilai  $t_{hitung} < 0,001$ , kemudian hasilnya dibandingkan dengan  $0,05$ . Hasilnya maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yang berarti ada pengaruh kemampuan berpikir kritis setelah penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada kelas eksperimen. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan pengaruh LKPD yang digunakan pada kelas eksperimen dan kontrol untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Hasil uji N-Gain dan uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* lebih efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

### **G. Keterbatasan Penelitian**

Penelitian yang telah dilakukan memiliki keterbatasan baik ketika perancangan produk maupun saat penelitian. Keterbatasan dalam perancangan produk ketika materi yang hanya berfokus pada gelombang bunyi tidak materi lainnya, sehingga kemampuan berpikir kritis pada materi yang lain tidak dapat diketahui. Keterbatasan saat penelitian bukan sebuah kesengajaan, melainkan keterbatasan waktu dan tempat pada penelitian.

Aplikasi *phyphox* yang digunakan hanya bisa untuk mengukur periode, frekuensi, panjang gelombang, sonar dan percobaan efek doppler. Untuk materi dawai, pipa organa belum bisa digunakan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* materi gelombang bunyi dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* materi gelombang bunyi dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar peserta didik di SMA Negeri 13 Semarang. Hal tersebut berdasarkan penilaian dari validator yang terdiri dari validator ahli materi dan ahli media. Hasil uji validasi aspek materi secara garis besar mendapatkan persentase sebesar 91,8% dan aspek media mendapatkan persentase sebesar 91,6%.
2. Respons peserta didik SMA Negeri 13 Semarang terhadap LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* mendapatkan kategori sangat baik dengan persentase sebesar 93,3%.
3. Efektivitas LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* ditunjukkan dengan nilai rata-rata *post test* pada kelas eksperimen 58,89. Hal ini diperkuat lagi jika dibandingkan dengan kelas kontrol yaitu kelas yang menggunakan LKPD yang hanya berisi latihan soal yang memiliki nilai *post test* dengan rata-rata 56,03. Hasil uji

peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik kemudian diukur dengan N-Gain dan menghasilkan nilai sebesar 0,42 untuk kelas eksperimen dan 0,30 untuk kelas kontrol. Kedua nilai gain yang didapatkan berada pada kriteria sedang yang artinya LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* efektif untuk diterapkan dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gelombang bunyi, ada beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pada penelitian selanjutnya, LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* tidak hanya materi gelombang bunyi tetapi dapat dikembangkan pada materi gelombang lainnya.
2. LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *phyphox* perlu diteliti lebih lanjut guna mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang lain, seperti kemampuan kolaborasi, pemecahan masalah, dan sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aiken. (1994). *Psychological Testing Boston* (Eight Edit). Boston: Allyn and Bacon.
- Amani, C. S. D. (2023). Konsep Critical Thingking Perspektif Qs. Al-Alaq Ayat 1-5. *Gunung Djati Conference Series*, 19, 530–540.
- Annisha, D. (2024). Integrasi Penggunaan Kearifan Lokal (Local Wisdom) dalam Proses Pembelajaran pada Konsep Kurikulum Merdeka Belajar. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 2108–2115. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7706>
- Arikunto, S. (2018). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan* (3rd ed.). PT Bumi Aksara.
- Ariyansah, D., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 173–181. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.9052>
- Ashra, V. A. (2020). *Pengaruh Aplikasi Sensor Smartphone Pada Pembelajaran Tumbukan Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa* (Vol. 8, Issue 75). Universitas Lampung.
- Athaillah, Khaldun, I., & Mursal. (2017). Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa Melalui Laboratorium Virtual Pada Materi Listrik Dinamis Di SMA Negeri 1

- Sukamakmur Aceh Besar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 05(01), 114–119.
- Atiqoh, F., Mukhayyarotin N, R., & Jauhariyah. (2024). Efektivitas LKPD Berbasis Kearifan Lokal Batik Tulis Gedog Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(3), 11407–11415.
- Banawi, Anasufi, M. P. (2013). *Fisika Dasar I* (Ruslam (ed.); Cetakan Pe). Dua Satu Press.
- Batulieu, M. Y. P., Rahardjo, D. T., & Fauzi, A. (2022). Analisis Kesalahan Jawaban Siswa Pada Soal Uraian untuk Materi Gelombang Bunyi di Kelas XI SMA. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 4(2), 26–31.
- Briliyandika, N. (2021). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Fisika Dengan Strategi Relating, Experiencing, Applying, Cooperating, Transferring (REACT) Terintegrasi Local Wisdom Pada Materi Momentum Dan Impuls*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Brookhart, S. M., & Nitko, A. J. (2018). *Educational Assessment of Students* (Eighth Edi). Ohio: Merrill an imprint of Prentice Hall Englewood Cliffs.
- Budiarti, I., & Airlanda, G. S. (2019). Penerapan Model Problem Based Learning Berbasis Kearifan Lokal Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan*, 2(1), 167–183.

- Crocker, L., Crocker, L., Alghna, J., Staudt, M., Mercurio, S., Hintz, K., & Walker, R. A. (2008). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*.
- Douglas C. Giancoli. (2014). *Fisika: Prinsip dan Aplikasi* (A. M. Drajat & A. Safitri (eds.); Edisi Ketu). PT Gelora Aksara Pratama.
- Dwiastuti, G. A., Fatra, M., & Miftah, R. (2019). Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa: Pengaruh Strategi Pembelajaran Adis. *ALGORITMA: Journal of Mathematics Education*, 3(2), 131–143.
- Ewar, H. A., Bahagia, M. E., Jeluna, V., Astro, R. B., & Nasar, A. (2021). Penentuan Konstanta Pegas Menggunakan Aplikasi Phyphox Pada Peristiwa Osilasi Pegas. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 155–162.
- Fajarini, U. (2014). Peran Kearifan Lokal bagi Pendidikan Karakter. *Sosiodidaktika*, 1(2), 123–130.
- Fatmawati, H., Mardiyana, & Triyanto. (2014). Analisis Berpikir Kritis Siswa Dalam Pemecahan Masalah Matematika Berdasarkan Polya Pada Pokok Bahasan Persamaan Kuadrat. *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika*, 2(9), 291–299. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/WSZA9>
- Fauziah, A. N., Rania, E. A., Azizah, R. D., & Fitri, F. (2022). Implementasi LKPD Guna Meningkatkan Keaktifan Belajar Siswa Pada Pelajaran Fisika. *Seminar Nasional Hasil Pelaksanaan Program Pengenalan Lapangan Persekolahan*,

398–409.

- Fitriani, N., Syaikh, A., & Rahmad, I. N. (2021). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Pada Materi Suhu Dan Kalor. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan STKIP Kusuma Negara III*, 261–269. <https://jurnal.stkipkusumanegara.ac.id/index.php/semnara2020/article/view/1306>
- Fuadi, M. A. (2023). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Search, Solve, Create, And Share Terintegrasi Local Wisdom Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pada Materi Fenomena Kuantum*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar* (Ketujuh). Penerbit Erlangga.
- Handayani, N. N. L. (2023). Peningkatan Literasi Digital Dan Karakter Peserta Didik Melalui Implementasi Kurikulum Merdeka. *Lampuhyang*, 14(2), 144–159. <https://doi.org/10.47730/jurnallampuhyang.v14i2.354>
- Hernandha, M. Z. (2023). *Pengembangan E-LKPD Terintegrasi Augmented Reality Pada Materi Gelombang Bunyi Dan Cahaya Untuk Mengetahui Kemampuan HOTS Siswa Kelas XI SMA/MA*. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Imtinan, N., & Kuswanto, H. (2023). The Use of Phyphox Application in The Use of Phyphox Application in Physics

- Experiments : A Literature Review. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 8(2), 183–191.  
<https://doi.org/10.26737/jipf.v8i2.4167>
- Katsir, I. bin U. I. (2000). *Tafsir Al-Qur'an al-Azhim, terjemahan M. Abdul Ghoffar dan H. Bahrin Muchsin*. Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Fisika*.
- Kristanto, A. (2020). Urgensi Kearifan Lokal Melalui Musik Gamelan Dalam Konteks Pendidikan Seni Di Era 4.0. *Jurnal Pertunjukan & Pendidikan Musik*, 2(1), 51–58.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.7592/musikolastika.v2i1.37>
- Kristiyani, Y., Sesunan, F., & Wahyudi, I. (2020). Pengaruh Aplikasi Sensor Smartphone Pada Pembelajaran Simple Harmonic Motion Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 138.  
<https://doi.org/10.24127/jpf.v8i2.3031>
- Linda, Z., & Lestari, I. (2019). Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran. In Erminawati (Ed.), *Erzatama Karya Abadi* (Pertama, Issue August).
- Maghfiroh, A. (2022). *Pengembangan LKPD Berbasis Predict, Observe, Explain Berbantuan PHET Simulation Pada Materi Fluida Statis Di MA AL-Falah Bangila*. Universitas Islam Negeri Walisongo.

- Margaretha, L. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Fungsi Eksponen*. Universitas Jambi.
- Masita, S. I., Donuata, P. B., Ete, A. A., & Rusdin, M. E. (2020). Penggunaan Phet Simulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(2), 136–141. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v5i2.12900>
- Mazid, S., Prasetyo, D., & Farikha. (2020). Nilai-Nilai Kearifan Lokal Sebagai Pembentuk Karakter Masyarakat. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 2, 249–262.
- Mizza, A. (2023). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Biologi Berbasis Problem Solving Terintegrasi Unity Of Sciences (UOS) Untuk Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI MA*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Mobonggi, A., & Hakeu, F. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan. *Damhil Education Journal*, 3(2), 73–84. <https://doi.org/10.37905/dej.v3i2.2252>
- Njatrijani, R. (2018). Kearifan Lokal Dalam Perspektif Budaya Kota Semarang. *Gema Keadilan*, 5(1), 16–31.
- Nofriati, Kusairi, S., & Rahayu, S. (2016). Penguasaan Konsep Siswa SMP pada Materi Gelombang Bunyi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1.

- Nurlina, & Riskawati. (2018). *Fisika Dasar I* (M. F. S (ed.); Cetakan I). LPP Unismuh Makassar.
- Nurul H., L. P., Rahmawati, D., Suhendra, D., & Iskandar, F. (2017). Penggunaan Sensor Magnet pada Smartphone untuk Mengamati Pergerakan Bandul Ganda dalam Eksperimen Fisika. *Prosiding SNIPS 2017*, 387–391. [http://portal.fmipa.itb.ac.id/snips2017/kfz/files/snips\\_2017\\_1\\_ale\\_putri\\_nurul\\_hidayah\\_xyamrpojgx.pdf](http://portal.fmipa.itb.ac.id/snips2017/kfz/files/snips_2017_1_ale_putri_nurul_hidayah_xyamrpojgx.pdf)
- Pangaribowosakti, A. (2014). Implementasi Pembelajaran Terpadu Tipe Shared Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa SMK Pada Topik Limbah Di Lingkungan Kerja. *Repository.Upi.Edu* |, 209–213. <http://repository.upi.edu/12495>
- Payudi, Ertikanto, C., Fadiawati, N., & Suyatna, A. (2017). The development of student worksheet assisted by interactive multimedia of photoelectric effect to build science process skills. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 2(1), 273. <https://doi.org/10.20961/ijsascs.v2i1.16726>
- Pers, P. S. (2023). *Peringkat Indonesia Pada PISA 2022 Naik 5-6 Posisi Dibanding 2018*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi (Kemendikbudristek).
- Putri, P. O. M. K., Rafiah, J. A., & Salma, F. E. (2022). Interpretasi Bunyi Dalam Islam Dan Sains. *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains*, 4, 305–

- Putri, W. A., Astalini, A., & Darmaji, D. (2022). Analisis Kegiatan Praktikum untuk Dapat Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Berpikir Kritis. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 3361–3368. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.2638>
- Putri, W. A. S., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan E-Lkpd Materi Efek Doppler Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.6828>
- Qodariyah, M. Z. L. (2022). *Hubungan Keterampilan Komunikasi dan Kemandirian Belajar Dengan Kemampuan Berpikir Kritis Selama Pembelajaran Biologi*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika* (Aslizar (ed.); Pertama). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Rahmatih, A. N., Maulyda, M. A., & Syazali, M. (2020). Refleksi Nilai Kearifan Lokal (Local Wisdom) Dalam Pembelajaran Sains Sekolah Dasar: Literature Review. *Pijar MIPA*, 15(2), 151–156. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i2.1663>
- Riduwan, & Sunarto. (2013). *Pengantar Statistik Untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi dan*

*Bisnis*. Alfabeta.

- Risamasu, P., & Pieter, J. (2024). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 14(1), 443–453. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v14i1.75941>
- Rummar, M. (2022). Kearifan Lokal Dan Penerapannya Di Sekolah. *Syntax Transformation*, 3(12).
- Sae, F. S., Husin, V. E. R., Mellu, R. N. K., Tinggi, S., & Pendidikan, I. (2021). *Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Kearifan Lokal Anyaman Nyiru untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa*. 4(1), 27–33.
- Safitri, W., Hanifah, & Rusdi. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan Menggunakan Model Discovery Learning yang Terintegrasi Nilai-Nilai Islam pada Materi Lingkaran Di Kelas VIII SMP Negeri 12 Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 4(JP2MS), 123–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.33369/jp2ms.4.1.123-135>
- Saputri, D., Irianto, S. I., & Bintaro, T. Y. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Materi Jaring-Jaring Kubus Dan Balok Berbasis Project Based Learning (PjBL). *Jurnal Elementaria Edukasia*, 2(2), 98–102. <https://doi.org/10.31949/jee.v2i2.1483>
- Sarina. (2023). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik*

- (LKPD) Berbasis Model Pembelajaran Search, Solve, Create, and Share (SSCS) untuk Mendukung Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMK Kelas X. Universitas Jambi.
- Sayyadi, M., Ahsan, M., & Sundaygara, C. (2024). Pengembangan Modul Eksperimen Fisika Berbantuan Phyphox Dalam Pengukuran Konstanta Pegas. *Jurnal Terapan Sains Dan Teknologi*, 6(4).
- Setiyaningsih, A., Yuwono, M. R., & Wijayanti, S. (2022). Analisis Kelengkapan LKPD sebagai Media Pembelajaran Matematika Peserta Didik. *WIDYA DIDAKTIKA - Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 1(2), 42–47. <https://doi.org/10.54840/juwita.v1i2.68>
- Shofia Hattarina, Nurul Saila, Adenta Faradila, Dita Refani Putri, & RR.Ghina Ayu Putri. (2022). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Di Lembaga Pendidikan. *Seminar Nasional Sosial Sains, Pendidikan, Humaniora (SENASSDRA)*, 1, 181–192. <http://prosiding.unipma.ac.id/index.php/SENASSDRA>
- Shufa, N. K. F. (2018). Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal Di Sekolah Dasar. *INOPENDAS: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 1(1), 48–53.
- Slamet, F. A. (2022). *Model Penelitian Pengembangan* (R. Risdiantoro (ed.)). Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang.

- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Institute, C. S. (2018). Advanced Tools for Smartphone- Based Experiments : Phyphox. *Physics Education*, 53, 1–6.
- Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2014a). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Kombinasi (Mixed Methods)* (Keenam). Alfabeta.
- Sugiyono. (2014b). *Statistika Untuk Penelitian* (25th ed.). Alfabeta.
- Sukendra, I. K., & Atmaja, I. K. S. (2020). Instrumen Penelitian. In T. Fiktorius (Ed.), *Crafty Oligarchs, Savvy Voters*. Mahameru Press.
- Sulistyarini, E. (2015). *Pengembangan Bahan Ajar Fisika SMA Materi Gelombang Bunyi Berbasis Interactive PDF*. Universitas Negeri Semarang.
- Sumerjana, K. (2020). Nilai Gamelan: Pendekatan Etnomusicosainslogi. *Jurnal Etnomusikologi*, 15(2), 74–82. <https://doi.org/10.24821/sl.v15i2.3923>
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik ( E-LKPD ) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7). <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>
- Tarsha, C. F., Refelita, F., & Yenti, E. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Interaktif Android Terhadap Minat Siswa Pada Materi Reaksi Reduksi Oksidasi. *Journal of Chemistry*

- Education and Integration*, 3(1), 48.  
<https://doi.org/10.24014/jcei.v3i1.28795>
- Taryono, Saepuzaman, D., Dhina, M. A., & Fitriyanti, N. (2019). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek dan Pembelajaran Berbasis Masalah pada Mata Pelajaran Fisika untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 (4Cs) Siswa SMP. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 4(1), 89.  
<https://doi.org/10.17509/wapfi.v4i1.15825>
- Thiagarajan, S., S.Semmel, D., & Semmel, M. I. (1976). Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook. *Journal of School Psychology*, 14(1). [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Umar Seno, Sabar Narimo, Djalal Fuadi, Minsih, & Choiriyah Widyasari. (2022). Implementation of Local Wisdom Based Learning in Realizing Pancasila Student Profiles in Elementary Schools. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 6(4), 652–660. <https://doi.org/10.23887/jisd.v6i4.56041>
- Umbaryati. (2016). Pentingnya LKPD pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 217–225.
- Utiah, H., & Paramata, Y. (2018). Penerapan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kearifan Lokal Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Konsep Besaran dan Satuan. *Seminar Nasional Quantum*, 25, 19–24.

- Wawan, W., Marwoto, P., Iswari, R. S., Sudarmin, S., & Sumarni, W. (2022). Analisis Resonansi Pada Wine Glass Menggunakan Aplikasi Phyphox. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Universitas*, 1146–1150.
- Widodo, S. (2017). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Keterampilan Penyelesaian Masalah Lingkungan Sekitar Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 26(2), 189.
- Yasid, A., Yushardi, & Handayani, R. D. (2016). Pengaruh Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Perilaku Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(2), 190–196.  
<https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V68I4.7220>
- Yulia, I., & Risdianto, E. (2018). Pengembangan LKPD Berbasis Inquiry Berbantuan Simulasi Phet untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Gelombang Cahaya di Kelas XI MIPA SMAN 2 Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1(3), 64–70.
- Zakwandi, R. (2017). *Bahan Ajar Gelombang Bunyi* (Y. Dirgantara & D. Nasrudin (eds.)). UIN Sunan Gunung Djati.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Hasil wawancara dengan guru

#### INSTRUMEN WAWANCARA GURU

Nama Guru : Ibu Lutfita Mukharotun, S.Pd.  
Sekolah : SMA Negeri 13 Semarang  
Hari, Tanggal : Kamis, 19 Desember 2024

| No. | Pertanyaan                                                                       | Jawaban                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Apakah pembelajaran fisika yang dilakukan sudah sesuai dengan kurikulum merdeka? | iya, sudah mengikuti kurikulum merdeka.                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.  | Bahan ajar apa yang digunakan dalam proses pembelajaran?                         | Bahan ajar utamanya LKS viva pakarindo, sesekali saya selingi PPT.                                                                                                                                                                                               |
| 3.  | Apa model dan metode pembelajaran yang berlangsung selama ini?                   | Model pembelajaran biasanya dengan tanya jawab. Terkadang juga ceramah.                                                                                                                                                                                          |
| 4.  | Bagaimana keaktifan/respons peserta didik selama pembelajaran?                   | Tidak semua, hanya beberapa peserta didik saja dan hanya itu-itu saja yang aktif di kelas. Ada beberapa peserta didik jika disuruh mencatat dan memperhatikan pembelajaran dikelas itu susah dikontrol sehingga dapat mengganggu teman yang ingin memperhatikan. |
| 5.  | Bagaimana pemahaman konsep peserta didik dalam                                   | Karena sudah disebutkan tadi diawal peserta didik                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | pembelajaran dikelas?                                                                                                                                                                          | yang aktif hanya sedikit, maka untuk pemahaman konsep peserta didik itu tergolong sedikit rendah. Seringkali saya melakukan remidi untuk memperbaiki nilai peserta didik yang rendah.                                                                                                                                                                                                                            |
| 6. | Apa kesulitan yang ibu alami dalam mengajar fisika selama ini?                                                                                                                                 | Kalau dalam mengajar kesulitannya mengkodisikan kelas supaya tertib mendengarkan dan mematuhi perintah guru. Peserta didik mudah bosan jika disuruh mengerjakan soal, mencatat dan berpaku pada rumus-rumus. Karena laboratorium sekarang kurang berfungsi dengan maksimal jadi jika ada materi yang membutuhkan praktikum saya harus membawa alat-alat laboratorium yang dapat dibawa dikelas, itupun terbatas. |
| 7. | Apakah selama pembelajaran fisika sudah pernah dikaitkan dengan kearifan lokal terkhusus berupa kesenian musik gamelan? dan bentuk kearifan lokal apa yang sudah dilakukan dalam pembelajaran? | Kalau untuk kesenian musik gamelan sejauh ini belum pernah dilakukan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|     |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.  | Apakah bahan ajar yang digunakan tadi sudah mencukupi untuk kebutuhan pembelajaran?                             | Sebenarnya belum karena peserta didik menjadi kurang aktif selama pembelajaran dan pada umumnya hanya berpatokan rumus dan penyelesaian soal saja.                                                                         |
| 9.  | Bahan ajar apa yang sekiranya dibutuhkan dalam pembelajaran?                                                    | Bahan ajar yang menjadikan peserta didik aktif dan ada kegiatan yang harus dikerjakan siswa secara aktif.                                                                                                                  |
| 10. | Apakah dalam pelaksanaan pembelajaran terdapat praktikum?                                                       | Karena semester ganjil ini laboratorium fisika digunakan untuk mahasiswa plp jadi hanya sebatas teori saja. Beberapa alat dan bahan praktikum yang ada sudah pada rusak sehingga jika melakukan praktikum sangat terbatas. |
| 11. | Apakah pernah praktikum berbasis virtual, seperti menggunakan aplikasi <i>phyphox</i> ?                         | belum pernah, kalau virtual mungkin PhET dan dilihat dari antusias peserta didik pada semangat kalau berbasis virtual atau pakai android.                                                                                  |
| 12. | Berdasarkan indikator berpikir kritis seperti bertanya menjawab pertanyaan, bagaimana kemampuan berpikir kritis | Kalau berpikir kritis peserta didik disini tergolong rendah, anak-anak yang aktif dikelas itu hanya itu-itulah saja dan dapat                                                                                              |

|     |                                                                                                          |                                                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | peserta didik?                                                                                           | dilihat dari nilai ulangan harian saja masih banyak peserta didik yang harus remidi.                                                                                   |
| 13. | Sebelumnya apakah sudah pernah menggunakan LKPD berbasis kearifan lokal dan berbantuan aplikasi phyphox? | belum pernah. Jarang menggunakan LKPD dan biasanya pakai LKS jadi untuk LKPD yang termuat didalamnya ada kearifan lokal dan aplikasi phyphox tidak pernah menggunakan. |

Semarang, 19 Desember 2024

Peneliti

Guru Mata Pelajaran Fisika

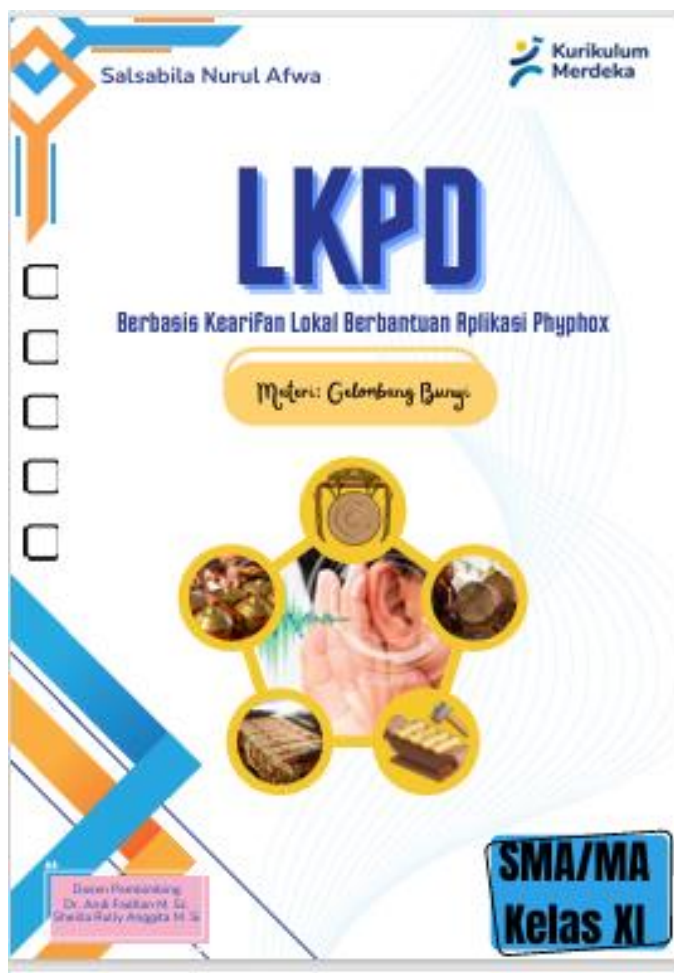


Salsabila Nurul Afwa



Lutfita Mukharotun, S.Pd.

## Lampiran 2 Draft Awal Rancangan LKPD



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan yang maha kuasa, atas rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan sebuah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Phyxor yang disusun sesuai dengan standar Kurikulum Merdeka.

LKPD ini disusun dengan tujuan utama agar peserta didik mempelajari materi tiap satu pokok bahasan, sehingga membuat mereka lebih mudah dalam mempelajari materi yang ada. Penyusunan LKPD ini juga bertujuan untuk memperkaya pengetahuan peserta didik di suatu bidang tertentu sekaligus dapat memandu peserta didik dalam belajar. LKPD yang telah disusun merupakan LKPD yang berisikan materi Gelombang Bunyi. LKPD ini dikembangkan sesuai dengan pengembangan bahan ajar menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) yang telah dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan. Melalui penerapan LKPD berbasis kearifan lokal ini peserta didik diharapkan dapat lebih aktif dalam proses pembelajaran, dimana peserta didik ikut serta berperan dalam proses mencari dan menemukan pengetahuannya sendiri, sehingga kemampuan peserta didik dalam melakukan penyelidikan dan proses ilmiah semakin terasah. LKPD ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi penggunanya, baik peserta didik maupun pendidik di sekolah.

Penulis menyadari bahwa LKPD ini tidak mungkin sempurna dan tentunya masih memiliki kekurangan. Penulis butuh kritik dan saran agar LKPD ini dapat memiliki tampilan yang lebih baik lagi dan materi yang lebih komprehensif di masa yang akan datang.

Semarang, 06 Maret 2025

Penulis

## PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

Perhatikan gambar berikut dan pahami deskripsi masing-masing gambar!



#### 1. Sampul Bab

Berisi gambar dan pengantar yang bertujuan untuk memberikan gambaran kepada peserta didik, sehingga memicu rasa ingin tahu dari peserta didik.

#### 2. Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran

Berisi standar pencapaian belajar yang harus di kuasai dan di pahami dalam mempelajari suatu konsep (materi).

#### 3. Peta Konsep

Merupakan diagram alur penyajian materi atau konsep agar peserta didik dapat mengetahui alur belajar yang tepat.

#### 4. Kata Kunci

Berisi kata penting yang mendasari isi materi dalam suatu bab, sehingga membuka pemahaman siswa.



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>13. Pertanyaan (10 menit)</b></p> <p>1. Bagaimana cara yang efektif untuk mengukur pH?</p> <p>2. Apa saja kelemahan cara yang tidak menggunakan indikator?</p> <p>3. Pada konsentrasi berapa indikator akan berubah warna? Apa saja faktor yang mempengaruhi perubahan warna indikator?</p> | <p><b>14. Pembahasan (10 menit)</b></p> <p>Bagaimana cara yang efektif untuk mengukur pH? Bagaimana indikator berperan dalam proses ini?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana cara yang efektif?</li> <li>2. Bagaimana cara yang tidak efektif?</li> <li>3. Bagaimana indikator berperan?</li> <li>4. Bagaimana indikator berperan?</li> </ol> |
| <p><b>15. Presentasi</b></p> <p>Presentasi hasil percobaan yang telah dilakukan. Peserta didik dapat menyampaikan ide, konsep, hasil, dan cara percobaan, serta dapat menjawab pertanyaan yang diajukan.</p>                                                                                      | <p><b>16. Mari Mencoba</b></p> <p>Bagaimana cara yang efektif untuk mengukur pH? Bagaimana indikator berperan dalam proses ini? Bagaimana indikator berperan?</p>                                                                                                                                                                                                 |

### 13. Pertanyaan

Berisi pertanyaan-pertanyaan untuk menggali pemahaman yang lebih mendalam tentang materi yang dipelajari.

### 14. Pembahasan

Bagian yang akan diisi oleh peserta didik tentang analisis interpretasi data, hasil yang diperoleh selama melakukan percobaan, serta diskusi mengenai hasil percobaan.

### 15. Presentasi

Bagian ini peserta didik mempresentasikan hasil percobaan yang dilakukan.

### 16. Mari Mencoba

Berisi tugas berupa percobaan yang dapat dilakukan peserta didik di luar jam pelajaran.

[illegible]

## 17. Analisis Data

Bagian yang harus diisi oleh peserta didik untuk mengolah data agar bisa ditarik kesimpulan.

## 18. Ayo Latihan

Berisi pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan materi agar peserta didik lebih menguasai materi yang telah dipelajari.

## 19. Daftar Pustaka

Berisi referensi/rujukan yang digunakan dalam bahan ajar ini.

## CARA PEMASANGAN &amp; PENGGUNAAN APLIKASI PHYPHOX

Setelah mengetahui cara penggunaan LKPD, selanjutnya dapat menginstall aplikasi "phyphox" sebagai media dalam membantu kegiatan pembelajaran. Berikut cara pemasangan dan penggunaan aplikasi.

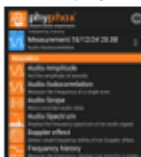


1. Siapkan minimal dua gawai dalam setiap kelompok.
2. Pastikan gawai sudah terkoneksi dengan internet.
3. Download aplikasi "phyphox" melalui *playstore* atau *appstore* dari masing-masing gawai

Kode QR Aplikasi:



4. Setelah terinstall, selanjutnya klik fitur yang sesuai dengan praktikum yang akan dilakukan.



- **Audio Amplitude:** Fitur ini berfungsi untuk mengukur amplitudo suara.
  - **Audio Autocorrelation:** Fitur ini berfungsi untuk mengukur frekuensi dari sebuah nada tunggal seperti mengidentifikasi frekuensi alat musik atau suara manusia.
  - **Frequency history:** Fitur ini berfungsi untuk mengukur frekuensi dan periode dari suara.
  - **Doppler Effect:** Fitur ini dapat digunakan untuk mengamati frekuensi suara ketika sumber suara bergerak relative terhadap pendengar.
5. Pastikan aplikasi dapat digunakan dengan uji coba.
  6. Kerjakan percobaan bersama dengan anggota kelompok.

## CARA PEMASANGAN &amp; PENGGUNAAN APLIKASI GEMELAN

Selanjutnya dapat menginstall aplikasi kedua yaitu "gamelan" sebagai media dalam membantu kegiatan pembelajaran. Berikut cara pemasangan dan penggunaan aplikasi.



1. Siapkan minimal dua gawai dalam setiap kelompok.
2. Pastikan gawai sudah terkoneksi dengan internet.
3. Download aplikasi **Real Gamelan** melalui *playstore* atau *appstore* dari masing-masing gawai.

Kode QR Aplikasi:



4. Setelah terinstall, klik fitur jenis gamelan apa yang akan digunakan dalam praktikum.



5. Pastikan aplikasi dapat digunakan dengan uji coba.
6. Kerjakan percobaan bersama dengan anggota kelompok.

## DAFTAR ISI

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| KATA PENGANTAR .....                                | i    |
| PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD .....                      | ii   |
| CARA PEMASANGAN & PENGGUNAAN APLIKASI PHYPHOX ..... | vi   |
| CARA PEMASANGAN & PENGGUNAAN APLIKASI GAMESAN ..... | viii |
| DAFTAR ISI .....                                    | ix   |
| PETA KONSEP .....                                   | 2    |
| KEGIATAN I: KARAKTERISASI GELOMBANG BUNYI .....     | 3    |
| KEGIATAN II: EFEK DOPPLER .....                     | 9    |
| KEGIATAN III: PELAYANGAN BUNYI .....                | 15   |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                | 20   |

# GELOMBANG BUNYI

## Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dalam menyelesaikan masalah fisika dalam kehidupan sehari-hari.



Sumber: [cnrindonesia.com](http://cnrindonesia.com)

## Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik mampu mengidentifikasi karakteristik gelombang bunyi.
- Peserta didik mampu mengetahui hubungan cepat rambat bunyi dengan frekuensi.
- Peserta didik mampu menganalisis konsep efek doppler dan terjadinya pelayangan bunyi
- Serta melakukan percobaan gelombang bunyi dengan sikap rasa ingin tahu, jujur, tangguh jawab memiliki sikap responsif (berpikir kritis) dan proaktif (kreatif), mampu bekerja sama dengan baik dan mampu berkomunikasi dengan baik.

## PETA KONSEP



## KEGIATAN I

### KARAKTERISASI GELOMBANG BUNYI



#### A. Tujuan

1. Untuk mengidentifikasi karakteristik pada gelombang bunyi.
2. Untuk mengetahui hubungan cepat rambat bunyi dengan frekuensi.

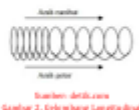
#### B. Dasar Teori



Pernahkan kamu datang ke tempat pertunjukan seni musik tradisional gamelan? Bagaimana suara musik yang dihasilkan gamelan tersebut bisa sampai terdengar di telinga kalian?

Sumber: kumparan.com  
Gambar 1. Ilustrasi Seorang Mendengarkan Musik Gamelan.

Alat musik gamelan ada berbagai macam jenisnya seperti kenong, saron, dan bonang. Kenong merupakan salah satu alat musik yang cara memainkannya dipukul. Ketika kenong dipukul ia akan bergetar. Getaran inilah yang menjadi sumber dari suara yang kita dengar. Getaran dari alat musik yang dipukul atau ditabuh kemudian akan di transfer ke molekul-molekul udara di sekitarnya. Molekul-molekul udara ini, yang tadinya bergerak secara acak akan bergerak bersamaan dalam pola tertentu, menciptakan suatu gelombang yang dinamakan **Gelombang Bunyi**. Gelombang bunyi memiliki definisi gelombang mekanik yang berbentuk longitudinal dan merambat melalui



medium tertentu. Gelombang bunyi berbentuk longitudinal karena arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya.

Saat merambat melalui suatu medium tertentu, gelombang bunyi memiliki pola yang terdiri dari rapatan dan renggangan. Jarak antara dua rapatan terdekat atau antara dua renggangan terdekat disebut **Panjang Gelombang**. Panjang gelombang disimbolkan dengan lambda ( $\lambda$ ) dengan satuan meter. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu gelombang penuh dikenal sebagai **Periode**. Satuan periode dinyatakan dalam satuan waktu sekon (s) atau detik. Jika banyaknya getaran atau gelombang selama satu sekon disebut **Frekuensi**. Satuan frekuensi dinyatakan dalam Hz (Hertz).

Mengapa kamu bisa mendengarkan musik gamelan? Hal ini karena suara yang dihasilkan oleh musik gamelan memiliki frekuensi 20-20.000 Hz yang dapat didengar oleh manusia atau yang dikenal sebagai audiosonik, dibawah 20 Hz disebut infrasonik dan diatas 20.000 Hz disebut ultrasonik.

Secara umum, cepat rambat bunyi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan seberapa cepat gelombang bunyi merambat melalui suatu medium. Lebih tepatnya, cepat rambat bunyi adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang bunyi per satuan waktu. Kecepatan ini sangat bergantung pada medium yang dilaluinya. Medium dapat berupa cair, padat dan gas. Cepat rambat bunyi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

dimana:

$v$  = Cepat rambat bunyi (m/s)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$T$  = Periode (s)

### Kotak Informasi

#### Tahukah kamu?

Kenong itu bentuknya seperti gong, bentuknya mirip tetapi ukurannya lebih kecil. Oh ya, dalam gamelan Jawa itu ada dua jenis laras, yaitu pelog dan slendro. Kenong pelog dan kenong slendro punya perbedaan yang menarik, simak penjelasan berikut ini!

**Kenong Pelog:** Kenong pelog menggunakan tangga nada yang punya tujuh nada dalam satu oktaf, kenong pelog ini sering dipakai dalam gamelan yang mengiringi tari atau pertunjukan wayang kulit.

**Kenong Slendro:** Kenong slendro menggunakan tangga nada yang punya lima nada dalam satu oktaf. Nada-nada tersebut biasanya dinotasikan dengan angka 1, 2, 3, 5, dan 6. Kenong slendro sering digunakan dalam gamelan yang mengiringi musik instrumental atau vokal.



Gambar 3. Kenong

Untuk mengetahui seberapa besar frekuensi yang dihasilkan gamelan sehingga bisa didengar oleh manusia, yuk kita lakukan percobaan berikut!

#### C. Alat dan Bahan

1. Aplikasi gamelan
2. Smartphone dengan aplikasi *phyphox*

#### D. Langkah Kerja

1. Buka aplikasi *phyphox* pada smartphone.
2. Pilih menu "audio autocorrelation" pada tampilan menu aplikasi *phyphox*.
3. Buka aplikasi gamelan pada smartphone.
4. Pilih menu kenong dengan memvariasikan jenis laras pada aplikasi gamelan.
5. Rekam suara menggunakan aplikasi *phyphox*.
6. Amati frekuensi dan amplitudo yang dihasilkan.
7. Catat hasil yang diperoleh.
8. Ulangi langkah poin 3-7 untuk tangga nada yang berbeda.

#### E. Data percobaan (35 menit)

1. Kenong Slendro

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |   |   | Rata-rata Frekuensi $\bar{f}$ (Hz) | Periode (s) |   |   | Rata-rata Periode $\bar{P}$ (s) |
|-------------|----------------|---|---|------------------------------------|-------------|---|---|---------------------------------|
|             | 1              | 2 | 3 |                                    | 1           | 2 | 3 |                                 |
| 1           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 2           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 3           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 5           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 6           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |

## 2. Kenong Pelog

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |   |   | Rata-rata Frekuensi $\bar{f}$ (Hz) | Periode (s) |   |   | Rata-rata Periode $\bar{P}$ (s) |
|-------------|----------------|---|---|------------------------------------|-------------|---|---|---------------------------------|
|             | 1              | 2 | 3 |                                    | 1           | 2 | 3 |                                 |
| 1           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 2           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 3           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 5           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 6           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |
| 7           |                |   |   |                                    |             |   |   |                                 |

## F. Pertanyaan (20 menit)

1. Berdasarkan data percobaan, kenong manakah yang menghasilkan frekuensi lebih besar?

Jawab:

2. Jika ingin menghasilkan nada lebih tinggi, kenong manakah yang dipilih? Jelaskan!

Jawab:

3. Analisislah perbedaan tingkatan nada pada kenong slendro dengan tingkatan nada 1 & 7 dengan frekuensi dan periode yang dihasilkan!

Jawab:

4. Hasil percobaan yang telah dilakukan dengan frekuensi yang dihasilkan, berapakah panjang gelombang dari setiap data jika diketahui kecepatan bunyi sebesar 340 m/s.

Jawab:

5. Terdapat dua bonang dalam satu set gamelan memiliki frekuensi berturut-turut 440 Hz dan 880 Hz, Analisislah:

- A. Bonang mana yang menghasilkan nada lebih tinggi?  
B. Berapa perbandingan periode getaran kedua bonang tersebut?

Jawab:

#### G. Pembahasan (30 menit)

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, analisislah poin-poin dibawah ini secara deskriptif dan didukung bentuk persamaan atau grafik jika diperlukan!

1. Karakteristik dari gelombang bunyi

Jawab:

2. Hubungan antara nada & frekuensi

Jawab:

3. Hubungan frekuensi & periode

Jawab:

4. Hubungan panjang gelombang & frekuensi

Jawab:

**H. Presentasi**

Presentasikan hasil percobaan yang telah didapatkan. Peserta didik dapat menyampaikan identitas kelompok, bacakan data percobaan, jawaban pertanyaan, pembahasan terkait data yang diperoleh.

**MARI  
MENCoba**

Ayo mainkan lagu gundul-gundul pacul, sesuaikan notasi lagu dengan tangga nada pada kenong. Kamu bisa mencari referensi melalui internet, buku, atau bertanya kepada guru musik. Buat dua variasi berupa laras slendro dan pelog.

Setelah kedua variasi selesai, coba analisis frekuensi nada-nada yang kalian gunakan.

Apakah ada perbedaan frekuensi antara kedua variasi tersebut? Bagaimana perbedaan frekuensi ini mempengaruhi karakter lagu?

## KEGIATAN II

### EFEK DOPPLER



#### A. Tujuan

Untuk menganalisis konsep efek doppler.

#### B. Dasar Teori

Pernahkah kamu perhatikan ketika ada berbagai macam alunan musik gamelan termasuk saron yang datang dari kejauhan, bunyi yang kita dengar ternyata berbeda dengan bunyi aslinya? Mengapa demikian? Hal ini karena perbedaan frekuensi yang didengar dan yang dihasilkan. Keadaan ini biasa disebut efek Doppler. Apakah itu? Bagaimana pengertian dan rumus efek Doppler? Simak penjelasan berikut yuk!

Efek Dopler merupakan gejala yang terjadi ketika sumber bunyi mengalami pergerakan secara relatif terhadap pengamat. Efek Doppler dinamakan berdasarkan seorang ilmuwan Austria, Christian Doppler, yang pertama kali menjelaskan fenomena tersebut pada tahun 1842. Efek Doppler dapat ditemukan pada segala jenis gelombang, seperti gelombang air, gelombang bunyi, gelombang cahaya.

Efek dopler dapat diketahui dengan persamaan:

$$f_p = \left( \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s$$

dimana:

$f_p$  adalah frekuensi yang didengar oleh pendengar (Hz)

$f_s$  adalah frekuensi yang dikeluarkan oleh sumber suara (Hz)

$v$  adalah kecepatan suara di udara (m/s)

$v_p$  adalah kecepatan pendengar (m/s)

$v_s$  adalah kecepatan sumber suara (m/s)

Dalam rumus efek Doppler ada beberapa perjanjian tanda nih yang dapat kita ketahui:

$v_s$  bernilai positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar.

$v_s$  bernilai negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar.

$v_p$  bernilai positif (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi.

$v_p$  bernilai negatif (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi.

Untuk lebih mudah mengingatnya perhatikan Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pemakaian tanda positif dan negatif untuk sumber dan pendengar

Sumber: <https://www.studiobekas.com/sekolah-doppler/>

### KOTAK INFORMASI



Pernahkah kalian mendengar alunan musik gamelan Jawa? Salah satu instrumen yang paling sering terdengar adalah SARON. Mari kita cari tahu lebih dalam tentang alat musik yang satu ini!

Saron adalah salah satu instrumen musik pukul yang sangat penting dalam gamelan Jawa. Bentuknya unik, dengan bilah-bilah logam yang diletakkan di atas wadah kayu. Untuk memainkannya, digunakan alat pemukul khusus yang disebut *gondrek*.



Gambar 5. Ragam Alat Musik Saron  
Sumber: Pinterest

#### Ragam Alat Musik Saron

Ternyata, saron itu tidak hanya satu jenis lho! Ada beberapa macam saron yang masing-masing punya peran penting dalam musik gamelan. Simak penjelasan berikut ini!

1. **Saron Barung:** saron yang paling umum ditemukan dalam gamelan Jawa dengan berukuran sedang. Saron barung memiliki wilayah nada tengah, tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah.
2. **Saron Penerus (Peking):** merupakan saron yang ukurannya paling kecil di antara jenis saron lainnya. Saron penerus memiliki wilayah nada yang paling tinggi, satu oktaf lebih tinggi dari saron barung. Saron penerus memainkan melodi dengan kecepatan dua kali lipat dari saron barung.
3. **Saron Panembung (Demung):** merupakan saron yang ukurannya paling besar. Saron panembung memiliki wilayah nada yang paling rendah, satu oktaf lebih rendah dari saron barung. Saron panembung memainkan melodi dengan tempo yang lebih lambat.

Penasaran bagaimana cara kerjanya efek doppler? Yuk kita lakukan percobaan berikut ini!

#### C. Alat dan Bahan

1. Smartphone dengan aplikasi *phyphox*
2. Aplikasi gamelan
3. Meteran
4. Stopwatch

#### D. Langkah Kerja

1. Buka aplikasi *phyphox* pada smartphone anda.
2. Pilih fitur frequency measurement.
3. Buka aplikasi gamelan, pilih alat musik saron.
4. Tentukan jarak antara sumber bunyi (gamelan) serta pendengar.
5. Gunakan 2 perangkat beserta aplikasi *phyphox* untuk mengukur frekuensi sumber bunyi dan frekuensi pendengar ketika melakukan percobaan.
6. Lakukan percobaan dengan variasi kondisi sumber dan pendengar.
7. Catat waktu yang dibutuhkan.
8. Ulangi langkah 2-7 untuk setiap percobaan.
9. Catat hasil pengukuran dalam tabel pengamatan.

#### E. Data Percobaan (30 menit)

1. Saron Barung

| No | Kondisi  |           | Frekuensi (Hz)   |                     | Jarak (m) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s)  |                     |
|----|----------|-----------|------------------|---------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------|
|    | Sumber   | Pendengar | Sumber ( $f_s$ ) | Pendengar ( $f_p$ ) |           |           | Sumber ( $v_s$ ) | Pendengar ( $v_p$ ) |
| 1. | Mendekat | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 2. | Diam     | Mendekat  |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 3. | Menjauh  | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 4. | Diam     | Menjauh   |                  |                     |           |           |                  |                     |

## 2. Saron Penerus

| No | Kondisi  |           | Frekuensi (Hz)   |                     | Jarak (m) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s)  |                     |
|----|----------|-----------|------------------|---------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------|
|    | Sumber   | Pendengar | Sumber ( $f_s$ ) | Pendengar ( $f_p$ ) |           |           | Sumber ( $v_s$ ) | Pendengar ( $v_p$ ) |
| 1. | Mendekat | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 2. | Diam     | Mendekat  |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 3. | Menjauh  | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 4. | Diam     | Menjauh   |                  |                     |           |           |                  |                     |

## 3. Saron Panembung

| No | Kondisi  |           | Frekuensi (Hz)   |                     | Jarak (m) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s)  |                     |
|----|----------|-----------|------------------|---------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------|
|    | Sumber   | Pendengar | Sumber ( $f_s$ ) | Pendengar ( $f_p$ ) |           |           | Sumber ( $v_s$ ) | Pendengar ( $v_p$ ) |
| 1. | Mendekat | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 2. | Diam     | Mendekat  |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 3. | Menjauh  | Diam      |                  |                     |           |           |                  |                     |
| 4. | Diam     | Menjauh   |                  |                     |           |           |                  |                     |

## F. Analisis Data (25 menit)

Setelah didapatkan data yang diinginkan, tentukan frekuensi pendengar menggunakan persamaan efek doppler, serta bandingkan hasil percobaan dengan perhitungan!

Jawab:

**G. Pertanyaan**

1. Ketika sumber bergerak mendekati pengamat, bagaimana frekuensi sumber yang diterima oleh pendengar?

**Jawab:**

2. Faktor apa saja yang mempengaruhi frekuensi bunyi yang didengar oleh pendengar?

**Jawab:**

3. Perhatikan tabel saron barung, bagaimana perbandingan frekuensi sumber dan frekuensi yang diterima oleh pendengar saat sumber diam dan pendengar mendekat?

**Jawab:**

4. Seorang pendengar berjalan menuju pertunjukan gamelan dengan kecepatan  $1,4 \text{ m/s}$ . Gamelan menghasilkan suara dengan frekuensi  $520 \text{ Hz}$ . Jika kecepatan suara di udara adalah  $340 \text{ m/s}$ , berapa frekuensi suara gamelan yang didengar oleh pendengar?

**Jawab:**

**9. Pembahasan (20 menit)**

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, analisislah data percobaan yang didapatkan secara deskriptif dan didukung bentuk persamaan atau grafik jika diperlukan!

**10. Presentasi**

Presentasikan hasil percobaan yang telah didapatkan. Peserta didik dapat menyampaikan identitas kelompok, bacakan data percobaan, jawaban pertanyaan, pembahasan terkait data yang diperoleh.

**Ayo Latihan**

Untuk memperdalam pemahaman terkait materi efek doppler yuk kerjakan latihan soal berikut ini!

1. Sebuah rombongan gamelan bergerak dengan kecepatan 20 km/jam mendekati seorang pendengar yang berdiri di pinggir jalan. Rombongan tersebut memainkan saron yang menghasilkan frekuensi 440 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s, berapa frekuensi bunyi saron yang didengar oleh pendengar?
2. Sebuah mobil yang membawa rombongan gamelan bergerak dengan kecepatan 30 km/jam menjauhi seorang pendengar yang berdiri di pinggir jalan. Rombongan tersebut memainkan bonang yang menghasilkan frekuensi 500 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s, berapa frekuensi bunyi saron yang didengar oleh pendengar?

### KEGIATAN III PELAYANGAN BUNYI

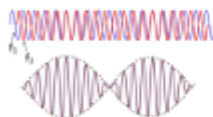


#### A. Tujuan

Untuk menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.

#### B. Dasar Teori

Kemarin kita sudah belajar tentang efek Doppler, di mana frekuensi bunyi berubah tergantung pergerakan sumber bunyi atau pengamat. Nah, sekarang bayangkan ada dua sumber bunyi yang bergerak dengan kecepatan sedikit berbeda. Apa yang akan terjadi dengan frekuensi bunyi yang kita dengar.



Gambar 6. Pelayangan Bunyi  
Sumber: Quipper

Selisih frekuensi yang didengar oleh seorang pengamat saat ada dua sumber bunyi yang bergerak secara bersamaan disebut dengan **Pelayangan Bunyi**. Untuk menentukan pelayangan bunyi, kamu harus tahu dulu frekuensi masing-masing frekuensi sumber bunyi yang didengar oleh pengamat.

Terjadinya pelayangan bunyi disebabkan oleh peristiwa interferensi dari dua gelombang bunyi yang memiliki persamaan frekuensi atau perbedaan frekuensi yang tidak terlalu jauh. Interferensi disini berarti perpaduan dari dua gelombang atau lebih yang dapat bersifat saling menguatkan atau saling melemahkan.

Untuk mencari frekuensi layangan dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$f_{\text{layangan}} = |f_1 - f_2|$$

dengan:

$f_{\text{layangan}}$  = frekuensi layangan bunyi (Hz)

- $f_1$  = frekuensi sumber bunyi pertama (Hz)  
 $f_2$  = frekuensi sumber bunyi kedua (Hz)

### Kotak Informasi

Pernahkah kalian mendengar suara yang khas dan bergelombang dari alat musik gamelan? Salah satu alat musik yang menghasilkan suara tersebut adalah bonang. Bonang sering dianggap sebagai satu-satunya jenis alat musik berbentuk gong kecil yang diletakkan secara horizontal. Namun, tahukah kalian bahwa ternyata bonang tidak hanya satu jenis? Tidak hanya kenong, bonang pun ada macam-macam jenisnya!



#### ➤ Bonang Barung

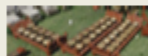
Bonang barung terdiri dari 12 nada yang terbagi atas dua baris nada, yakni rendah dan tinggi. Secara berurutan, nada laras bonang barung yaitu 1-2-3-5-6-7 atau ji-ro-lu-ma-nem-pi (tinggi). Dalam ensambel, bonang barung menjadi salah satu instrumen pembuka yang digunakan untuk penuntun alur lagu. Selain itu, bonang barung juga sering digunakan untuk memberikan aksan atau irama hiasan dalam gendhing di akhir lagu.

#### ➤ Bonang Panembung

Bonang panembung ialah jenis bonang yang memiliki nada oktaf dari sedang sampai rendah. Jenis ini memiliki ukuran yang paling besar di antara bonang lainnya. Selain itu, bonang panembung tidak bisa dimiliki sembarangan orang, hanya kalangan keraton dan orang-orang tertentu saja yang bisa memilikinya.

#### ➤ Bonang Penerus

Bonang penerus merupakan jenis bonang yang memiliki nada lebih tinggi dibandingkan bonang barung. Bonang penerus terdiri atas 14 nada, yaitu 7 nada rendah dan 7 nada tinggi. Suara nada laras bonang penerus mencakup suara rendah sampai tertinggi secara berurutan, yaitu 1-2-3-4-5-6-7 atau ji-ro-lu-pat-ma-nem-pi. Karena memiliki nada yang tinggi, bonang ini hanya bisa digunakan sebagai pengiring lagu dan biasanya selalu dimainkan mengiringi bonang barung.



Gambar 7. Bonang  
 Sumber: onlinedonesia.com

Yuk kita lakukan praktikum tentang bagaimana dua gelombang bunyi dengan frekuensi berbeda berinteraksi dan menghasilkan fenomena pelayangan yang menarik!

#### C. Alat dan Bahan

1. Smartphone dengan aplikasi *phyphox*
2. Aplikasi gamelan
3. Meteran

#### D. Langkah Kerja

1. Buka aplikasi *phyphox* pada *smartphone* anda.
2. Pilih fitur *frequency measurement*.
3. Buka aplikasi gamelan, pilih alat musik bonang.
4. Tentukan jarak antara dua sumber bunyi (gamelan) serta pendengar.
5. Gunakan 2 perangkat beserta aplikasi *phyphox* sebagai sumber bunyi yaitu  $v_{s1}$  &  $v_{s2}$  dan dua orang sebagai frekuensi pendengar dalam posisi diam yaitu  $f_{p1}$  &  $f_{p2}$ .
6. Ulangi langkah 2-5 dengan variasi kondisi sumber & alat musik.
7. Catat hasil pengukuran dalam tabel pengamatan.

#### E. Data Percobaan (30 menit)

##### 1. Bonang Barung

| No | Kondisi               |                        | Frekuensi (Hz)           |                           |                                 |
|----|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|    | Sumber I ( $V_{s1}$ ) | Sumber II ( $V_{s2}$ ) | Pendengar I ( $f_{p1}$ ) | Pendengar II ( $f_{p2}$ ) | Pelayangan ( $f_{pelayangan}$ ) |
| 1. | Mendekat              | Menjauh                |                          |                           |                                 |
| 2. | Mendekat              | Mendekat               |                          |                           |                                 |
| 3. | Menjauh               | Menjauh                |                          |                           |                                 |

##### 2. Bonang Penerus

| No | Kondisi               |                        | Frekuensi (Hz)           |                           |                                 |
|----|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|    | Sumber I ( $V_{s1}$ ) | Sumber II ( $V_{s2}$ ) | Pendengar I ( $f_{p1}$ ) | Pendengar II ( $f_{p2}$ ) | Pelayangan ( $f_{pelayangan}$ ) |
| 1. | Mendekat              | Menjauh                |                          |                           |                                 |
| 2. | Mendekat              | Mendekat               |                          |                           |                                 |
| 3. | Menjauh               | Menjauh                |                          |                           |                                 |

**F. Pertanyaan**

1. Berdasarkan data pada tabel percobaan, percobaan manakah yang menghasilkan frekuensi pelayanan paling tinggi? Jelaskan!

**Jawab:**

2. Faktor apa saja yang mempengaruhi frekuensi pelayanan? Jelaskan bagaimana faktor tersebut berperan!

**Jawab:**

**G. Pembahasan (20 menit)**

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, analisislah data percobaan yang didapatkan secara deskriptif dan didukung bentuk persamaan atau grafik jika diperlukan!

**H. Presentasi**

Presentasikan hasil percobaan yang telah didapatkan. Peserta didik dapat menyampaikan identitas kelompok, bacakan data percobaan, jawaban pertanyaan, pembahasan terkait data yang diperoleh.

**Ayo Latihan**

Untuk memperdalam pemahaman terkait materi efek doppler yuk kerjakan latihan soal berikut ini!

Sebuah kelompok pawai budaya melewati jalan, membawa seperangkat gamelan yang menghasilkan frekuensi dominan 500 Hz. Kelompok gamelan tersebut bergerak mendekati penonton di pinggir jalan dengan kecepatan 30 m/s. Dari arah berlawanan, sebuah mobil yang mengiringi pawai memainkan musik tradisional dengan frekuensi 501 Hz, bergerak mendekati penonton dengan kecepatan 25 m/s. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s, tentukan frekuensi pelayangan bunyi yang didengar penonton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Benawi, Anasufi, M. P. (2013). *Fisika Dasar 1* (Ruslan (ed.); Cetakan Pe). Dua Sata Press.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar* (Ketujuh). Penerbit Erlangga.
- Nurlina, & Riskawati. (2018). *Fisika Dasar 1* (M. F. S (ed.); Cetakan I). LPP Unismuh Makassar.
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika* (Aslizar (ed.); Pertama). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Zakwandi, R. (2017). *Bahasa Ajar Gelombang Bunyi* (Y. Dirgantara & D. Nasudin (ed.)). UIN Sunan Gunung Djati.
- <https://www.orami.co.id/magazine/alat-musik-sarco> diakses pada tanggal 16 Februari 2025 pukul 20.00 WIB.
- <https://www.ruangpues.com/blog/pengertian-dan-cara-cara-doppler> diakses pada tanggal 18 Februari 2025 pukul 19.40 WIB.
- <https://www.cerindonesia.com/edukasi/20230605113530-569-958153/alat-musik-bunga-jeris-fungsi-dan-cara-memainkan> diakses pada tanggal 19 Februari 2025 pukul 21.00 WIB.



***PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
UIN WALISONGO***



## Lampiran 3 Penilaian Validasi Ahli Materi

### RUBRIK PENILAIAN VALIDASI AHLI MATERI KUALITAS LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI GELOMBANG BUNYI

| No                                    | Indikator                            | Skor | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aspek Kelayakan Isi LKPD</b>       |                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1.                                    | Kesesuaian materi dengan CP dan TP   | 4    | 1) Materi yang disajikan mencakup materi yang terkandung dalam Capaian Pembelajaran (CP) yaitu menyajikan materi gelombang bunyi dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.<br>2) Materi yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Tujuan Pembelajaran (TP).<br>3) Materi yang disajikan mulai dari konsep, definisi, prosedur, tampilan output, latihan, sampai dengan interaksi antar konsep sesuai dengan tingkat pendidikan di SMA dan sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP). |
|                                       |                                      | 3    | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                       |                                      | 2    | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                       |                                      | 1    | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.                                    | Keakuratan materi                    | 4    | 1) Konsep dan definisi yang disajikan sesuai dengan definisi dan konsep berlaku dalam bidang fisika.<br>2) Contoh soal yang disajikan sesuai dengan kenyataan sehingga kemampuan berpikir kritis peserta didik meningkat.<br>3) Materi disajikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan.                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                       |                                      | 3    | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                       |                                      | 2    | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                       |                                      | 1    | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3.                                    | Menekankan Kemampuan Berpikir Kritis | 4    | 1) Informasi yang disajikan dalam LKPD tidak hanya memberikan jawaban, tetapi juga memicu peserta didik untuk bertanya dan mencari jawaban sendiri.<br>2) Tugas-tugas dalam LKPD menuntut peserta didik untuk memberikan alasan yang logis dan didukung bukti dalam menjawab pertanyaan atau penyelesaian masalah.<br>3) LKPD disajikan dengan format menarik dan interaktif sehingga dapat meningkatkan motivasi peserta didik untuk berpikir kritis.                                                                                  |
|                                       |                                      | 3    | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                       |                                      | 2    | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                       |                                      | 1    | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Aspek Kelayakan Penyajian LKPD</b> |                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4.                                    | Teknik penyajian                     | 4    | 1) Sistematika penyajian dalam kegiatan pembelajaran terdiri dari judul kegiatan, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah kerja, tabel percobaan, pertanyaan, pembahasan.<br>2) Materi yang disajikan di awal dapat membantu pemahaman materi selanjutnya.                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                       |                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|--------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                          |   | 3) Penyajian konsep disajikan secara runtut mulai dari yang sederhana ke kompleks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5.                    | Pendukung penyajian      | 4 | 1) Terdapat contoh-contoh yang termuat dalam materi yang dapat membantu menguatkan pemahaman konsep.<br>2) Soal-soal dapat membantu siswa memahami dan menerapkan ide-ide yang relevan dalam kegiatan pembelajaran.<br>3) Daftar pustaka yang digunakan sebagai rujukan dalam penulisan lkpd diawali dengan nama pengarang (yang disusun secara alfabetis), tahun terbit, judul buku, tempat dan nama penerbit, nama dan lokasi situs internet serta tanggal akses situs (jika memakai acuan situs). |
|                       |                          | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6.                    | Kelengkapan penyajian    | 4 | 1) Daftar isi berisi nama kegiatan .<br>2) Terdapat tujuan pembelajaran.<br>3) Terdapat informasi pendukung tentang kearifan lokal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Aspek Kebahasaan LKPD |                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7.                    | Kejelasan kalimat        | 4 | 1)LKPD menggunakan tata kalimat Bahasa Indonesia.<br>2)Kalimat yang digunakan langsung tertuju pada tujuan.<br>3)Istilah yang digunakan selaras dengan PUEBI.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                       |                          | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8.                    | Pemilihan bahasa         | 4 | 1)Bahasa yang digunakan tidak sulit dipahami.<br>2)Istilah yang digunakan sebanding dengan pertumbuhan peserta didik.<br>3)Penggunaan kata perintah petunjuk yang digunakan jelas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       |                          | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                       |                          | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9.                    | Kesesuaian dengan kaidah | 4 | 1)Ejaan yang digunakan sesuai dengan pedoman PUEBI.<br>2)Tata kalimat menggunakan tata bahasa Indonesia yang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                     |                                              |   |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | bahasa indonesia                             |   | baik dan benar.<br>3) Penggunaan bahasa yang komunikatif                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                     |                                              | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                     |                                              | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                     |                                              | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10.                                                                                 | Penggunaan istilah/symbol/lambang dalam LKPD | 4 | 1) Penerapan istilah fisika sesuai dengan bidang ilmu fisika yang ada.<br>2) Penggunaan tanda baca yang benar.<br>3) Penggunaan symbol dan lambang sesuai dengan konteks fisika yang dijelaskan.                                                                |
|                                                                                     |                                              | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                     |                                              | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                     |                                              | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Aspek berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> dan gamelan</b> |                                              |   |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11.                                                                                 | LKPD berbasis kearifan lokal                 | 4 | 1) Materi dalam kegiatan LKPD yang dikembangkan memuat kearifan lokal.<br>2) Contoh kearifan lokal dapat membantu menjelaskan materi gelombang bunyi.<br>3) Meningkatkan pemahaman peserta didik tentang keanekaragaman kesenian musik tradisional Indonesia.   |
|                                                                                     |                                              | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                     |                                              | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                     |                                              | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12.                                                                                 | LKPD berbantuan aplikasi <i>phyphox</i>      | 4 | 1) Semua kegiatan praktikum yang dilakukan menggunakan aplikasi <i>phyphox</i> .<br>2) Aplikasi <i>phyphox</i> membantu peserta didik memahami materi gelombang bunyi.<br>3) Penjelasan penggunaan aplikasi <i>phyphox</i> mudah dimengerti oleh peserta didik. |
|                                                                                     |                                              | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                     |                                              | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                     |                                              | 1 | Tidak ada poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13.                                                                                 | LKPD berbantuan aplikasi gamelan             | 4 | 1) Penjelasan penggunaan aplikasi gamelan mudah dimengerti oleh peserta didik.<br>2) Aplikasi real gamelan membuat peserta didik ingin mengetahui kearifan lokal.<br>3) Semua kegiatan praktikum yang dilakukan menggunakan aplikasi real gamelan.              |
|                                                                                     |                                              | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                     |                                              | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                     |                                              | 1 | Tidak ada poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                        |

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MATERI LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : Agus Sudarmanto

Asal Instansi : UIN Walisongo

Tanggal Penilaian : 6-3-2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli materi terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                  | Aspek yang dinilai  | Skor |   |   |   |
|----|--------------------------------------|---------------------|------|---|---|---|
|    |                                      |                     | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian materi dengan CP dan TP.  | Kelayakan Isi       |      |   |   | ✓ |
| 2. | Keakuratan materi.                   |                     |      |   | ✓ |   |
| 3. | Menekankan Kemampuan Berpikir Kritis |                     |      |   |   | ✓ |
| 4. | Teknik penyajian                     | Kelayakan Penyajian |      |   | ✓ |   |
| 5. | Pendukung penyajian                  |                     |      |   |   | ✓ |

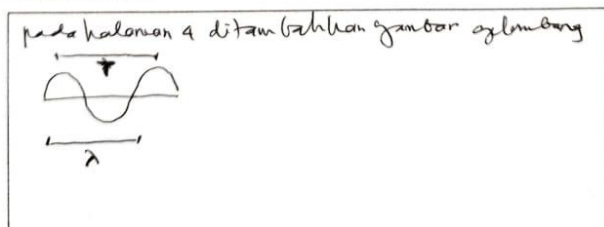
|            |                                                       |                                                                        |    |  |  |   |    |
|------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|--|--|---|----|
| 6.         | Kelengkapan penyajian                                 | Kebahasaan                                                             |    |  |  |   | ✓  |
| 7.         | Kejelasan kalimat                                     |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| 8.         | Pemilihan bahasa                                      |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| 9.         | Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia             |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| 10.        | Penggunaan istilah/symbol/lambang dalam LKPD          |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| 11.        | Konten materi berbasis kearifan lokal                 | Berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> dan gamelan |    |  |  |   | ✓  |
| 12.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| 13.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi real gamelan   |                                                                        |    |  |  |   | ✓  |
| Skor       |                                                       |                                                                        |    |  |  | 6 | 94 |
| Skor Total |                                                       |                                                                        | 50 |  |  |   |    |

#### B. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $42 \leq J < 52$ | SB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $32 \leq J < 42$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $22 \leq J < 32$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $13 \leq J < 22$ | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### C. Kritik dan Saran



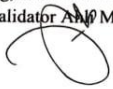
#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. ( ☒ ) Layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (**SB**).
2. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (**B**).
3. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (**KB**).
4. ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (**SKB**).

Semarang, 6 - 3 - 2025

Validator Materi

  
Agus Sudarmanto

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MATERI LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : *Dr. Joko Budi Permana, M.Pd.*

Asal Instansi : DIN WALISONGO

Tanggal Penilaian : 10 Maret 2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli materi terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                  | Aspek yang dinilai  | Skor |   |   |   |
|----|--------------------------------------|---------------------|------|---|---|---|
|    |                                      |                     | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian materi dengan CP dan TP.  | Kelayakan Isi       |      |   |   | ✓ |
| 2. | Keakuratan materi.                   |                     |      |   | ✓ |   |
| 3. | Menekankan Kemampuan Berpikir Kritis |                     |      |   |   | ✓ |
| 4. | Teknik penyajian                     | Kelayakan Penyajian |      |   |   | ✓ |
| 5. | Pendukung penyajian                  |                     |      |   | ✓ |   |

|            |                                                       |                                                                        |    |  |  |    |    |
|------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|--|--|----|----|
| 6.         | Kelengkapan penyajian                                 | Kebahasaan                                                             |    |  |  |    | ✓  |
| 7.         | Kejelasan kalimat                                     |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 8.         | Pemilihan bahasa                                      |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 9.         | Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia             |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 10.        | Penggunaan istilah/symbol/lambing dalam LKPD          |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 11.        | Konten materi berbasis kearifan lokal                 | Berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> dan gamelan |    |  |  |    | ✓  |
| 12.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 13.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi real gamelan   |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| Skor       |                                                       |                                                                        |    |  |  | 15 | 32 |
| Skor Total |                                                       |                                                                        | 47 |  |  |    |    |

#### B. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $42 \leq J < 52$ | SB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $32 \leq J < 42$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $22 \leq J < 32$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $13 \leq J < 22$ | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### C. Kritik dan Saran

# Instrumen layak digunakan sebagai salah satu alat untuk memperoleh data penelitian

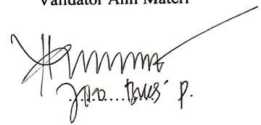
# penelitian melalui Demonstrasi & pembelajaran Bank & kelas reset.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (**SB**).
2. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (**B**).
3. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (**KB**).
4. ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (**SKB**).

Semarang, 10 Maret 2025  
Validator Ahli Materi



**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MATERI LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : M.J. Fajih

Asal Instansi : UIN Walisongo

Tanggal Penilaian : 21 Mei 2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli materi terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                 | Aspek yang dinilai  | Skor |   |   |   |
|----|-------------------------------------|---------------------|------|---|---|---|
|    |                                     |                     | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian materi dengan CP dan TP. | Kelayakan Isi       |      |   |   | ✓ |
| 2. | Keakuratan materi.                  |                     |      |   |   | ✓ |
| 3. | Menkankan Kemampuan Berpikir Kritis |                     |      |   | ✓ |   |
| 4. | Teknik penyajian                    | Kelayakan Penyajian |      |   | ✓ |   |
| 5. | Pendukung penyajian                 |                     |      |   | ✓ |   |

|                   |                                                       |  |  |  |    |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------|--|--|--|----|----|
| 6.                | Kelengkapan penyajian                                 |  |  |  |    | ✓  |
| 7.                | Kejelasan kalimat                                     |  |  |  | ✓  |    |
| 8.                | Pemilihan bahasa                                      |  |  |  | ✓  |    |
| 9.                | Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia             |  |  |  | ✓  |    |
| 10.               | Penggunaan istilah/symbol/lambang dalam LKPD          |  |  |  | ✓  |    |
| 11.               | Konten materi berbasis kearifan lokal                 |  |  |  |    | ✓  |
| 12.               | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> |  |  |  |    | ✓  |
| 13.               | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi real gamelan   |  |  |  |    | ✓  |
| <b>Skor</b>       |                                                       |  |  |  | 21 | 24 |
| <b>Skor Total</b> |                                                       |  |  |  | 45 |    |

#### B. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $42 \leq J < 52$ | SB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $32 \leq J < 42$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $22 \leq J < 32$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $13 \leq J < 22$ | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### C. Kritik dan Saran

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (**SB**).
2. (✗) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (**B**).
3. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (**KB**).
4. ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (**SKB**).

Semarang, 21 Maret 2025  
Validator Ahli Materi

  
M. S. Fauzi

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MATERI LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : Lutfita Mukharovatur Azizah, S. Pd, M. Pd.

Asal Instansi : SMA N 13 Semarang

Tanggal Penilaian : 22 Januari 2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli materi terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubung dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                  | Aspek yang dinilai  | Skor |   |   |   |
|----|--------------------------------------|---------------------|------|---|---|---|
|    |                                      |                     | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian materi dengan CP dan TP.  | Kelayakan Isi       |      |   |   | ✓ |
| 2. | Keakuratan materi.                   |                     |      |   | ✓ |   |
| 3. | Menekankan Kemampuan Berpikir Kritis |                     |      |   | ✓ |   |
| 4. | Teknik penyajian                     | Kelayakan Penyajian |      |   |   | ✓ |
| 5. | Pendukung penyajian                  |                     |      |   |   | ✓ |

|            |                                                       |                                                                        |    |  |  |    |    |
|------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|--|--|----|----|
| 6.         | Kelengkapan penyajian                                 | Kebahasaan                                                             |    |  |  | ✓  |    |
| 7.         | Kejelasan kalimat                                     |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 8.         | Pemilihan bahasa                                      |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 9.         | Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia             |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 10.        | Penggunaan istilah/symbol/lambang dalam LKPD          |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 11.        | Konten materi berbasis kearifan lokal                 | Berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> dan gamelan |    |  |  |    | ✓  |
| 12.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi <i>phyphox</i> |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| 13.        | Kegiatan praktikum berbantuan aplikasi real gamelan   |                                                                        |    |  |  |    | ✓  |
| Skor       |                                                       |                                                                        |    |  |  | -9 | 40 |
| Skor Total |                                                       |                                                                        | 49 |  |  |    |    |

#### B. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $42 \leq J < 52$ | SB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $32 \leq J < 42$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $22 \leq J < 32$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $13 \leq J < 22$ | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### C. Kritik dan Saran

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (**SB**).
2. (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (**B**).
3. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (**KB**).
4. ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (**SKB**).

Semarang, 22 Januari 2025  
Validator Ahli Materi

  
Lutfia Mukharrotun Azizah, MEd.

## Lampiran 4 Hasil Penilaian Validasi Ahli Media

**RUBRIK PENILAIAN VALIDASI AHLI MEDIA LEMBAR KERJA PESERTA  
DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

| No                       | Indikator                                | Nilai | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspek Ukuran LKPD        |                                          |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1                        | Kesesuaian ukuran LKPD yang dikembangkan | 4     | 1) Ukuran LKPD mengikuti ISO yaitu: A4 (210 x 297 nm), A5 (148 x 210 nm), atau B5 (176 X 250 nm).<br>2) Kesesuaian ukuran dengan materi LKPD.<br>3) Ukuran yang digunakan sesuai dengan keterbacaan LKPD.                                                                                                                                                                               |
|                          |                                          | 3     | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                          |                                          | 2     | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                          |                                          | 1     | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Aspek Desain Sampul LKPD |                                          |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2                        | Desain sampul LKPD                       | 4     | 1) Kejelasan judul LKPD.<br>2) Ukuran penggunaan tulisan dan gambar tepat sehingga menarik perhatian pembaca.<br>3) Ilustrasi gambar sampul menggambarkan isi materi LKPD.                                                                                                                                                                                                              |
|                          |                                          | 3     | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                          |                                          | 2     | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                          |                                          | 1     | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3                        | Tipografi sampul                         | 4     | 1) Judul LKPD menjadi pusat pandangan pembaca.<br>2) Ukuran judul LKPD proporsional dengan ukuran LKPD.<br>3) Jenis huruf judul selaras dengan peruntukan isi LKPD.                                                                                                                                                                                                                     |
|                          |                                          | 3     | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                          |                                          | 2     | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                          |                                          | 1     | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Aspek Desain Isi LKPD    |                                          |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4                        | Tata Letak Isi LKPD                      | 4     | 1) Tata letak judul kegiatan, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah kerja, tabel percobaan, pertanyaan, pembahasan, konsisten.<br>2) Penempatan gambar maupun ilustrasi tidak mengganggu pemahaman materi LKPD.<br>3) Penempatan judul kegiatan, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah kerja, tabel percobaan, pertanyaan, pembahasan, tidak mengganggu pemahaman materi. |
|                          |                                          | 3     | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                         |
|---|--------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Tipografi Isi LKPD | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                     |
|   |                    | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                           |
|   |                    | 4 | 1) Penggunaan varian huruf ( <i>all capital, small capital, bold, italic</i> ).<br>2) Tidak menggunakan jenis huruf hias.<br>3) Jenjang judul-judul konsisten dan jelas, sehingga dapat dibedakan antara judul dan isi. |
|   |                    | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                      |
|   |                    | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                     |
| 6 | Ilustrasi Isi LKPD | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                           |
|   |                    | 4 | 1) Ilustrasi yang disajikan jelas dan dapat dipahami.<br>2) Ilustrasi yang disajikan dapat memperjelas materi yang disampaikan.<br>3) Bentuk, ukuran, dan warna ilustrasi proporsional dan menarik.                     |
|   |                    | 3 | Dua poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                      |
|   |                    | 2 | Satu poin terpenuhi                                                                                                                                                                                                     |
|   |                    | 1 | Tidak ada poin yang terpenuhi                                                                                                                                                                                           |

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MEDIA LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : Agis Sidiarmanto

Asal Instansi : UIN Walisongo

Tanggal Penilaian : 6-3-2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli media terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                                 | Aspek yang dinilai | Nilai |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---|
|    |                                                     |                    | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian ukuran LKPD dengan standar ISO.          | Ukuran LKPD        |       |   |   | ✓ |
| 2. | Kejelasan desain cover LKPD yang dikembangkan.      | Desain Cover LKPD  |       |   |   | ✓ |
| 3. | Kesesuaian tipografi sampul LKPD yang dikembangkan. |                    |       |   |   | ✓ |
| 4. | Kesesuaian tata letak isi LKPD yang dikembangkan.   | Desain Isi LKPD    |       |   |   | ✓ |
| 5. | Kesesuaian tipografi isi LKPD yang dikembangkan.    |                    |       |   |   | ✓ |
| 6. | Kejelasan ilustrasi dalam LKPD                      |                    |       |   | ✓ |   |

|                   |  |  |  |   |    |
|-------------------|--|--|--|---|----|
| yang dikembangkan |  |  |  |   |    |
| Skor              |  |  |  |   |    |
| Skor Total        |  |  |  | 3 | 20 |

#### E. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $20 \leq J < 24$ | (SB)  | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $15 \leq J < 20$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $10 \leq J < 15$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $6 \leq J < 10$  | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### F. Kritik dan Saran

#### G. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (SB).
2. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (SB).
3. ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (KB).
4. ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (SKB).

Semarang, 6-3-2025

Validator *Abd. Media*

*Agus Sudarmanto*

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MEDIA LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPICIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis  
Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk  
Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi  
Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd

Asal Instansi : UIN Waluyo Semarang

Tanggal Penilaian :

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli media terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                                 | Aspek yang dinilai | Nilai |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---|
|    |                                                     |                    | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian ukuran LKPD dengan standar ISO.          | Ukuran LKPD        |       |   |   | ✓ |
| 2. | Kejelasan desain cover LKPD yang dikembangkan.      | Desain Cover LKPD  |       |   |   | ✓ |
| 3. | Kesesuaian tipografi sampul LKPD yang dikembangkan. |                    |       |   |   | ✓ |
| 4. | Kesesuaian tata letak isi LKPD yang dikembangkan.   | Desain Isi LKPD    |       |   |   | ✓ |
| 5. | Kesesuaian tipografi isi LKPD yang dikembangkan.    |                    |       |   |   | ✓ |
| 6. | Kejelasan ilustrasi dalam LKPD                      |                    |       |   | ✓ | ✓ |

|                   |  |  |  |    |    |
|-------------------|--|--|--|----|----|
| yang dikembangkan |  |  |  |    |    |
| Skor              |  |  |  | 3  | 20 |
| Skor Total        |  |  |  | 23 |    |

#### E. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $20 \leq J < 24$ | SB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $15 \leq J < 20$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $10 \leq J < 15$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $6 \leq J < 10$  | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### F. Kritik dan Saran

# Media layak digunakan untuk penelitian, beberapa gambar sebaiknya dibuat lebih menarik  
# lengkapi lagi petunjuk penggunaan media tb.

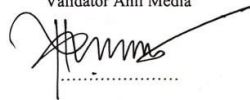
#### G. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

1. ( ☒ ) Layak digunakan sebagai bahan ajar tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (**SB**).
2. ( ☐ ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (**SB**).
3. ( ☐ ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (**KB**).
4. ( ☐ ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (**SKB**).

Semarang, 10 Maret 2025

Validator Ahli Media



**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MEDIA LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : M. I. Fajrih

Asal Instansi : UIN Walisongo

Tanggal Penilaian : 21 Maret 2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli media terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                                 | Aspek yang dinilai | Nilai |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---|
|    |                                                     |                    | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian ukuran LKPD dengan standar ISO.          | Ukuran LKPD        |       |   |   | ✓ |
| 2. | Kejelasan desain cover LKPD yang dikembangkan.      | Desain Cover LKPD  |       |   |   | ✓ |
| 3. | Kesesuaian tipografi sampul LKPD yang dikembangkan. |                    |       |   | ✓ |   |
| 4. | Kesesuaian tata letak isi LKPD yang dikembangkan.   | Desain Isi LKPD    |       |   | ✓ |   |
| 5. | Kesesuaian tipografi isi LKPD yang dikembangkan.    |                    |       |   | ✓ |   |
| 6. | Kejelasan ilustrasi dalam LKPD                      |                    |       |   | ✓ |   |

|                   |  |  |  |    |   |
|-------------------|--|--|--|----|---|
| yang dikembangkan |  |  |  |    |   |
| Skor              |  |  |  | 12 | 8 |
| Skor Total        |  |  |  | 20 |   |

#### E. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $20 \leq J < 24$ | (SB)  | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $15 \leq J < 20$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $10 \leq J < 15$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $6 \leq J < 10$  | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### F. Kritik dan Saran

#### G. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

- (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (SB).
- (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (SB).
- ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (KB).
- ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (SKB).

Semarang, 21 Maret 2025

Validator Ahli Media

  
M. J. Faqih

**LEMBAR PENILAIAN VALIDASI AHLI MEDIA LEMBAR KERJA  
PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI  
PHYPHOX UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Judul LKPD : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi.

Mata Pelajaran : Fisika

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

Nama Validator : Lutfita Mukharovaton Azizah, S.Pd, M.Pd.

Asal Instansi : SMAN 13 Semarang

Tanggal Penilaian : 22 Januari 2025

**A. Petunjuk Penilaian**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli media terhadap kevalidan produk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Penilaian yang Bapak/Ibu berikan pada setiap aspek dalam instrument ini, nantinya akan digunakan peneliti sebagai validasi serta masukan untuk penyempurnaan LKPD ini.
3. Sehubungan dengan itu, dimohon Bapak/Ibu selaku ahli materi memberikan pendapat dari setiap pernyataan lembar evaluasi ini dengan memberi tanda centang (✓) sesuai dengan rubrik penilaian.
4. Bapak/Ibu wajib mengisi setiap kolom. Namun, jika terdapat bagian yang kurang sesuai menurut Bapak/Ibu terhadap LKPD yang telah disusun, Bapak/Ibu dapat memberikan kritik dan saran yang membangun.
5. Sebelum mengisi lembar penilaian, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi identitas terlebih dahulu.

| No | Indikator Penilaian                                 | Aspek yang dinilai | Nilai |   |   |   |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---|
|    |                                                     |                    | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Kesesuaian ukuran LKPD dengan standar ISO.          | Ukuran LKPD        |       |   |   | ✓ |
| 2. | Kejelasan desain cover LKPD yang dikembangkan.      | Desain Cover LKPD  |       |   |   | ✓ |
| 3. | Kesesuaian tipografi sampul LKPD yang dikembangkan. |                    |       |   |   | ✓ |
| 4. | Kesesuaian tata letak isi LKPD yang dikembangkan.   | Desain Isi LKPD    |       |   |   | ✓ |
| 5. | Kesesuaian tipografi isi LKPD yang dikembangkan.    |                    |       |   | ✓ |   |
| 6. | Kejelasan ilustrasi dalam LKPD                      |                    |       |   | ✓ |   |

|                   |  |  |  |   |    |
|-------------------|--|--|--|---|----|
| yang dikembangkan |  |  |  |   |    |
| Skor              |  |  |  |   |    |
| Skor Total        |  |  |  | 6 | 16 |
|                   |  |  |  | 2 | 2  |

#### E. Hasil Penilaian

Berilah tanda lingkaran pada kolom nilai dibawah ini dengan jumlah skor total hasil penjumlahan diatas.

| Jumlah Skor (J)  | Nilai | Kriteria                                                                                                               |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $20 \leq J < 24$ | (SB)  | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi sangat baik.  |
| $15 \leq J < 20$ | B     | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang bunyi baik.         |
| $10 \leq J < 15$ | KB    | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang kurang baik.        |
| $6 \leq J < 10$  | SKB   | Pengembangan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi gelombang sangat kurang baik. |

#### F. Kritik dan Saran

Uraian Font disesuaikan, Kontrak warna atau Perpaduan warna kurang menarik, jenis Font disamakan.  
Gambar disesuaikan dengan konteks.

#### G. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian maka, Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi *Phyphox* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dinyatakan:

- ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar tanpa revisi atau dengan sangat sedikit revisi (SB).
- (✓) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan sedikit revisi (SB).
- ( ) Layak digunakan sebagai bahan ajar dengan banyak revisi (KB).
- ( ) Tidak Layak digunakan sebagai bahan ajar di lapangan (SKB).

Semarang, 22 Januari 2025

Validator Ahli Media

*[Signature]*  
Lutfia Mukharomatus, S.Pd., M.Pd.

## Lampiran 5 Kisi-kisi Uji Coba Soal

### KISI-KISI INSTRUMEN TES UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MATERI GELOMBANG BUNYI

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Satuan Pendidikan   | : SMA Negeri 13 Semarang |
| Mata Pelajaran      | : Fisika                 |
| Kelas/Semester      | : XI/II                  |
| Pokok Bahasan       | : Gelombang Bunyi        |
| Instrumen Penilaian | : Uraian                 |

#### **Capaian Pembelajaran**

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak partikel, usaha dan energi, fluida dinamis, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.

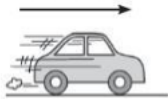
#### **Tujuan Pembelajaran**

- Peserta didik mampu mengidentifikasi karakteristik gelombang bunyi.
- Peserta didik mampu mengetahui hubungan cepat rambat bunyi dengan frekuensi.
- Peserta didik mampu menganalisis konsep efek doppler dan terjadinya pelayangan bunyi
- Serta melakukan percobaan gelombang bunyi dengan sikap rasa ingin tahu, jujur, tanggung jawab memiliki sikap responsif (berpikir kritis) dan proaktif (kreatif), mampu bekerja sama dengan baik dan mampu berkomunikasi dengan baik.

Kisi-kisi kemampuan berpikir kritis

| NO | Sub Materi                   | Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)                                                       | Indikator Kemampuan Berpikir Kritis                                                                                   | SOAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Skor Maksimal |
|----|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. | Konsep dasar gelombang Bunyi | Peserta didik mampu menganalisis karakteristik gelombang bunyi.                             | Memberikan penjelasan sederhana, bertanya dan menjawab.                                                               | Dalam pertunjukan gamelan di pendopo yang terbuka, suara gong dapat terdengar hingga jarak yang cukup jauh, namun tetap terdengar jelas sampai di telinga kita. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10            |
|    |                              | Peserta didik mampu mengidentifikasi karakteristik gelombang bunyi.                         | Membangun keterampilan dasar, mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, kemampuan memberikan alasan. | Terdapat 3 pernyataan tentang karakteristik gelombang bunyi seperti berikut:<br>(a) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik dan longitudinal, merambat tanpa melalui perantara, dihasilkan dari benda yang bergetar.<br>(b) Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik, merambat melalui perantara dan merupakan contoh gelombang longitudinal, dihasilkan oleh benda yang bergetar.<br>(c) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik dan merupakan contoh gelombang transversal, merambat melalui perantara, dihasilkan oleh benda yang bergetar.<br>Manakah pernyataan tentang karakteristik gelombang bunyi yang benar? Berikan alasannya! | 10            |
|    |                              | Peserta didik mampu mendeskripsikan hubungan nada dan frekuensi pada gelombang bunyi.       | Memberikan penjelasan lanjut, mengidentifikasi asumsi-asumsi.                                                         | Dalam sebuah pertunjukan musik gamelan, seorang pemain bonang memainkan alat musik dengan nada yang berbeda. Pada interval nada tertinggi bagaimana frekuensi yang dihasilkan oleh bonang tersebut?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10            |
| 2. | Cepat Rambat Bunyi           | Peserta didik mampu menganalisis terjadinya cepat rambat bunyi dalam kehidupan sehari-hari. | Membangun keterampilan dasar, mengobservasi dan mempertimbangkan Hasil observasi.                                     | Dina dan Annisa tinggal di kamar yang bersebelahan. Dina sedang fokus belajar. Sementara itu, di kamar sebelah, Annisa asyik menikmati alunan musik <i>gamelan</i> dari kanal YouTube favoritnya. Annisa menutup rapat pintunya sehingga bunyi diasumsikan tidak keluar. Setelah pintu kamar annisa dibuka sedikit, dina mendengar suara musik gamelan. Mengapa hal itu dapat terjadi?                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10            |

|    |              |                                                                                                        |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
|----|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|    |              | Peserta didik mampu menganalisis cepat rambat bunyi pada medium gas, cair, dan padat.                  | Menyimpulkan, membuat dan menentukan berdasarkan hasil pertimbangan. | Di sebuah desa pesisir, terdapat tiga situasi yang melibatkan perambatan bunyi:<br>(a) Seorang nelayan berteriak memanggil temannya di laut untuk memberi tahu bahwa ikan sudah banyak terkumpul di jaring.<br>(b) Seorang nelayan lain mengetuk dinding perahu kayu untuk memberi tanda kepada temannya dengan perahu yang sama bahwa ia mendapatkan ikan.<br>(c) Seorang anak nelayan mendengarkan suara yang merambat melalui air dengan menempelkan telinganya ke permukaan air untuk mendeteksi keberadaan ikan.<br>Berdasarkan ketiga situasi diatas manakah situasi yang perambatan bunyinya lebih cepat? mengapa?                                                                                                      | <b>10</b> |
|    |              | Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara frekuensi, cepat rambat bunyi, dan panjang gelombang. | Mengatur strategi dan taktik, menentukan suatu tindakan.             | Seorang seniman ingin mempelajari karakteristik bunyi yang dihasilkan oleh salah satu instrumen gamelan yaitu Gong. Jika diketahui frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh gong tersebut sebesar sebesar 300 Hz dengan panjang gelombang 1,13 meter. Berapa frekuensi yang dihasilkan untuk mendapatkan panjang gelombang 1,5 meter?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>15</b> |
| 3. | Efek Doppler | Peserta didik mampu mengevaluasi pernyataan-pernyataan terkait efek doppler.                           | Menyimpulkan, membuat dan menentukan hasil pertimbangan.             | Perhatikan pernyataan di bawah ini!<br>(a) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih besar oleh pendengar jika sumber bunyi mendekati pendengar dan pendengar diam.<br>(b) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih besar oleh pendengar jika sumber diam dan pendengar mendekati sumber.<br>(c) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih kecil oleh pendengar ak jika pendengar diam dan sumber bergerak menjauh.<br>(d) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih kecil oleh pendengar jika sumber bunyi dan pendengar diam.<br>Apabila pendengar atau sumber bunyi berjalan dengan kelajuan yang sama, Apakah pernyataan diatas semua benar? Berikan penjelasannya sesuai Teori Efek Doppler! | <b>10</b> |

|  |  |                                                                                                                          |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  |  | <p>Peserta didik mampu menyelidiki perubahan kecepatan sumber bunyi terhadap frekuensi yang diterima oleh pendengar.</p> | <p>Membangun keterampilan dasar, mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, kemampuan untuk memberikan alasan.</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Mobil Ibu</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Mobil Bu Riski</b></p> </div> </div> <p>Pada hari Rabu, Ibu ingin melihat pertunjukan wayang dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika di perjalanan, Ibu berpapasan dengan Bu Riski dengan arah berlawanan. Keduanya saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Apakah keduanya bisa mendengar klakson lebih jelas? Mengapa demikian?</p>                                                                                                                                                                          | <b>10</b> |
|  |  | <p>Peserta didik mampu mengidentifikasi terjadinya efek doppler.</p>                                                     | <p>Memberikan penjelasan lebih lanjut, mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi.</p>                             | <div style="text-align: center;">  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p><b>Perahu A</b></p> <p><b>Perahu B</b></p> </div> </div> <p>Di sebuah desa pesisir, masyarakat setempat memiliki tradisi menggunakan perahu tradisional yang dilengkapi dengan lonceng kayu untuk berkomunikasi antarperahu saat melaut. Ketika perahu A bergerak menyusul perahu B dalam arah yang sama, bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi keras. Sedangkan ketika perahu A bergerak lebih cepat dan menjauhi perahu B bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi lemah. Jelaskan mengapa bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B berubah ketika perahu bergerak mendekati atau menjauhi!</p> | <b>15</b> |

|    |                  |                                                                                              |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |
|----|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|    |                  | Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara frekuensi dan cepat rambat gelombang bunyi. | Mengatur strategi dan taktik, menentukan suatu tindakan. | Sebuah rombongan gamelan bergerak dengan kecepatan 20 km/jam mendekati seorang pendengar yang berdiri di pinggir jalan. Rombongan tersebut memainkan saron yang menghasilkan frekuensi 440 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s, berapa frekuensi bunyi <i>saron</i> yang didengar oleh pendengar?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>15</b> |
| 4. | Pelayangan bunyi | Peserta didik mampu menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.                                | Memberikan penjelasan sederhana, menganalisis argument.  | Dua kelompok gamelan A dan B sedang berlatih di dua sanggar yang berdekatan. Kedua sanggar tersebut terletak di pusat desa dan dipisahkan oleh sebuah jalan kecil. Saat latihan berlangsung, kedua kelompok memainkan gending dengan nada dasar yang hampir sama.<br>Andi sedang berjalan kaki melewati jalan tersebut, tepat di antara kedua sanggar. Saat berada di tengah jalan, terdengar suara gamelan yang sangat keras dan berpadu. Namun, ketika ia terus berjalan menjauhi sanggar suara gamelan terdengar perlahan melemah. Andi berfikir karena adanya perbedaan frekuensi gelombang suara yang dihasilkan dari perpaduan suara kedua kelompok gamelan tersebut. Ketika berada di tengah, frekuensi kedua gelombang sangat berdekatan sehingga terjadi penguatan suara. Namun, saat kita bergerak menjauh, perbedaan frekuensi semakin besar, menyebabkan pelemahan suara." Apakah penjelasan andi sudah tepat? Jelaskan menggunakan prinsip pelayangan! | <b>10</b> |
|    |                  | Peserta didik mampu menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.                                | Mengatur strategi dan taktik, menentukan suatu tindakan. | Sebuah kelompok pawai budaya melewati jalan, membawa seperangkat gamelan yang menghasilkan frekuensi dominan 500 Hz. Kelompok gamelan tersebut bergerak mendekati penonton di pinggir jalan dengan kecepatan 3 m/s. Dari arah berlawanan, sebuah mobil yang mengiringi pawai memainkan musik tradisional dengan frekuensi 501 Hz, bergerak mendekati penonton dengan kecepatan 2 m/s. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s, berapakah frekuensi pelayangan bunyi yang didengar penonton!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>20</b> |

|  |  |                                                                                           |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  |  | Peserta didik mampu menganalisis hubungan frekuensi sehingga terjadinya pelayangan bunyi. | Memberikan penjelasan sederhana, bertanya dan menjawab,                                         | Kenong dengan laras slendro dan pelog merupakan dua alat musik yang menghasilkan nada yang hampir sama. Ketika kedua alat musik itu dimainkan bersamaan, kamu mendengar suara yang kadang keras dan kadang pelan secara berulang. Apa nama fenomena suara ini? jelaskan bagaimana fenomena ini terjadi?                                                                                                                                                   | <b>10</b> |
|  |  | Peserta didik mampu menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.                             | Memberikan penjelasan lebih lanjut, mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi. | Di Lembah Baliem, Papua, terdapat tradisi membuat seruling kembar dari bambu "pikon". Dua seruling ini dibuat dengan ukuran yang sangat mirip, namun tidak persis sama, sehingga menghasilkan nada yang sedikit berbeda. Ketika dimainkan bersamaan, seruling-seruling ini menghasilkan suara yang khas, bergetar dan "berombak". Jelaskan fenomena fisika yang terjadi ketika dua seruling "pikon" dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan bersamaan! | <b>10</b> |

### KUNCI JAWABAN

| No | Jawaban                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Skor   | Total Skor |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|
| 1. | Suara gong dapat terdengar sangat jauh karena bunyi merambat melalui zat perantara berupa gas. Selain itu, frekuensi yang dihasilkan oleh gong berkisar 20-20.000 Hz jenis audiosonik yang dapat didengar oleh manusia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5<br>5 | 10         |
| 2. | <p>Pernyataan yang benar tentang karakteristik gelombang bunyi adalah Pernyataan b. Berikut penjelasannya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gelombang bunyi adalah gelombang mekanik Gelombang bunyi memerlukan medium (seperti udara, air, atau padat) untuk merambat. Hal ini berbeda dengan gelombang elektromagnetik yang dapat merambat tanpa medium.</li> <li>➤ Gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal. Gelombang bunyi merambat dengan cara menggetarkan partikel-partikel medium searah dengan arah rambatannya. Ini berbeda dengan gelombang transversal, di mana partikel-partikel medium bergetar tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.</li> <li>➤ Dihasilkan oleh benda yang bergetar. Gelombang bunyi dihasilkan ketika suatu benda bergetar, misalnya senar gitar yang dipetik atau pita suara manusia yang bergetar saat berbicara.</li> </ul> | 3<br>7 | 10         |
| 3. | <p>Pada interval nada tertinggi frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi.</p> <p>Hubungan frekuensi dan nada berbanding lurus sehingga dengan frekuensi yang lebih tinggi menghasilkan nada yang lebih tinggi dan frekuensi yang lebih rendah menghasilkan nada yang lebih rendah.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3<br>7 | 10         |
| 4. | <p>Fenomena yang terjadi karena bunyi dapat merambat.</p> <p>Bunyi dapat merambat melalui tiga medium berupa padat, cair, gas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5<br>5 | 10         |
| 5. | <p>Situasi yang perambatan bunyinya lebih cepat adalah (b), yaitu melalui zat padat (kayu).</p> <p>Mengapa demikian?</p> <p>Kecepatan rambat bunyi sangat dipengaruhi oleh kerapatan medium yang dilaluinya. Semakin rapat suatu medium, maka getaran bunyi untuk merambat dari satu partikel ke partikel berikutnya akan lebih cepat. Zat padat (seperti kayu)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3<br>7 | 10         |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----|
|    | memiliki kerapatan partikel yang paling tinggi dibandingkan cairan dan gas. Oleh karena itu, bunyi merambat paling cepat melalui zat padat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |    |
| 6. | <p>Diketahui :</p> $f_1 = 300 \text{ Hz}$ $\lambda_1 = 1,13 \text{ m}$ $\lambda_2 = 1,5 \text{ m}$ <p>Ditanya : <math>f_2 \dots ?</math></p> <p>Dijawab :</p> $\lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2$ $1,13 \times 300 = 1,5 \times f_2$ $f_2 = 226 \text{ Hz}$ <p>Jadi frekuensi yang dihasilkan untuk mendapatkan panjang gelombang 1,5 meter sebesar 226 Hz</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>5</p> <p>3</p> <p>5</p> <p>2</p> | 15 |
| 7. | <p>Berdasarkan analisis di atas, pernyataan (a), (b), dan (c) adalah benar sesuai dengan Teori Efek Doppler. Sedangkan pernyataan (d) adalah salah karena jika sumber bunyi dan pendengar diam, tidak ada perubahan frekuensi yang terjadi.</p> <p>Berdasarkan Teori efek doppler menjelaskan perubahan frekuensi atau panjang gelombang suatu gelombang yang terdeteksi oleh pengamat karena adanya gerakan relatif antara sumber gelombang dan pengamat. Dengan sistematika</p> $f_p = \left( \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s$ <p>Dengan aturan tanda:</p> <p><math>v_s</math> = bernilai positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar</p> <p><math>v_s</math> = bernilai negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar</p> <p><math>v_p</math> = bernilai positif (+) jika pendengar mendekati bunyi</p> <p><math>v_p</math> = bernilai negatif (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi</p> | <p>5</p> <p>5</p>                   | 10 |
| 8. | <p>Ya, keduanya bisa mendengar klakson lebih jelas.</p> <p>Penjelasan:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>2</p> <p>3</p>                   | 10 |





|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|
|     | $f_{p2} = \left( \frac{340 + 0}{340 - 2} \right) 501$ $f_{p2} = 1,0059 \times 501$ $= 503,96 \text{ Hz}$ $f_{\text{pelayangan}} =  f_{p1} - f_{p2} $ $=  504,45 - 503,96 $ $= 0,49 \text{ Hz}$ <p>Frekuensi pelayangan bunyi yang didengar oleh penonton adalah sekitar 0,49 Hz</p>                                                                                                                                                                                         | 5          |    |
| 13. | <p>Ketika kenong laras slendro dan pelog dimainkan bersamaan dan terdengar suara yang kadang keras dan kadang pelan secara berulang, fenomena ini disebut <b>pelayangan</b>.</p> <p>pelayangan terjadi karena dua gelombang bunyi dengan frekuensi yang sedikit berbeda saling berinterferensi, secara bergantian mengalami penguatan (interferensi konstruktif) dan pelemahan (interferensi destruktif), yang menghasilkan suara yang keras dan pelan secara periodik.</p> | 3<br><br>7 | 10 |
| 14. | <p>Fenomena fisika yang terjadi ketika dua seruling "pikon" dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan bersamaan adalah pelayangan bunyi.</p> <p>Ketika dua seruling dimainkan dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan secara bersamaan maka terjadi interferensi. Ketika nada yang terdengar lebih keras maka terjadi interferensi konstruktif dan jika nada yang terdengar lebih lemah maka terjadi interferensi destruktif.</p>                                       | 3<br><br>7 | 10 |

## Lampiran 6 Soal Tes Uji Coba

### SOAL UJI COBA

#### MATERI GELOMBANG BUNYI

---

##### PETUNJUK UMUM

1. Berdoalah sebelum dan sesudah mengerjakan soal!
2. Isikan identitas anda pada lembar jawaban!
3. Jumlah soal terdiri dari 14 butir uraian.
4. Periksa dan bacalah soal-soal dengan cermat sebelum anda menjawabnya!
5. Periksa jawaban anda sebelum dikumpulkan!

##### SOAL

1. Dalam pertunjukan gamelan di pendopo yang terbuka, suara gong dapat terdengar hingga jarak yang cukup jauh, namun tetap terdengar jelas sampai di telinga kita. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? **(10 poin)**
2. Terdapat 3 pernyataan tentang karakteristik gelombang bunyi seperti berikut:  
(a) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik dan longitudinal, merambat tanpa melalui perantara, dihasilkan dari benda yang bergetar.  
(b) Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik, merambat melalui perantara dan merupakan contoh gelombang longitudinal, dihasilkan oleh benda yang bergetar.  
(c) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik dan merupakan contoh gelombang transversal, merambat melalui perantara, dihasilkan oleh benda yang bergetar.  
Manakah pernyataan tentang karakteristik gelombang bunyi yang benar? Berikan alasannya! **(10 poin)**
3. Dalam sebuah pertunjukan musik gamelan, seorang pemain bonang memainkan alat musik dengan nada yang berbeda. Pada interval nada tertinggi, bagaimana frekuensi yang dihasilkan oleh bonang tersebut? **(10 poin)**
4. Dina dan Annisa tinggal di kamar yang bersebelahan. Dina sedang fokus belajar. Sementara itu, di kamar sebelah, Annisa asyik menikmati alunan musik *gamelan* dari kanal YouTube favoritnya. Annisa menutup rapat pintunya sehingga bunyi diasumsikan tidak keluar. Setelah pintu kamar annisa dibuka sedikit, dina mendengar suara musik gamelan. Mengapa hal itu dapat terjadi? **(10 poin)**

5. Di sebuah desa pesisir, terdapat tiga situasi yang melibatkan perambatan bunyi:
- (a) Seorang nelayan berteriak memanggil temannya di laut untuk memberi tahu bahwa ikan sudah banyak terkumpul di jaring.
  - (b) Seorang nelayan lain mengetuk dinding perahu kayu untuk memberi tanda kepada temannya dengan perahu yang sama bahwa ia mendapatkan ikan.
  - (c) Seorang anak nelayan mendengarkan suara yang merambat melalui air dengan menempelkan telinganya ke permukaan air untuk mendeteksi keberadaan ikan.
- Berdasarkan ketiga situasi diatas manakah situasi yang perambatan bunyinya lebih cepat? mengapa? **(10 poin)**
6. Seorang seniman ingin mempelajari karakteristik bunyi yang dihasilkan oleh salah satu instrumen gamelan yaitu Gong. Jika diketahui frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh gong tersebut sebesar 300 Hz dengan panjang gelombang 1,13 meter. Berapa frekuensi yang dihasilkan untuk mendapatkan panjang gelombang 1,5 meter? **(15 poin)**
7. Perhatikan pernyataan di bawah ini!
- (a) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih besar oleh pendengar jika sumber bunyi mendekati pendengar dan pendengar diam.
  - (b) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih besar oleh pendengar jika sumber diam dan pendengar mendekati sumber.
  - (c) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih kecil oleh pendengar jika pendengar diam dan sumber bergerak menjauh.
  - (d) Frekuensi bunyi dari sumber bunyi diterima lebih kecil oleh pendengar jika sumber bunyi dan pendengar diam.

Apabila pendengar atau sumber bunyi berjalan dengan kelajuan yang sama, Apakah pernyataan diatas semua benar? Berikan penjelasannya sesuai Teori Efek Doppler! **(10 poin)**

8.



Pada hari Rabu, Ibu ingin melihat pertunjukan wayang dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika di perjalanan, Ibu berpapasan dengan Bu Riski dengan arah berlawanan. Keduanya saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Apakah keduanya bisa mendengar klakson lebih jelas? Mengapa demikian? **(10 poin)**

9.



Perahu A

Perahu B

Di sebuah desa pesisir, masyarakat setempat memiliki tradisi menggunakan perahu tradisional yang dilengkapi dengan lonceng kayu untuk berkomunikasi antarperahu saat melaut. Ketika perahu A bergerak menyusul perahu B dalam arah yang sama, bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi keras. Sedangkan ketika perahu A bergerak lebih cepat dan menjauhi perahu B bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi lemah. Jelaskan mengapa bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B berubah ketika perahu bergerak mendekati atau menjauhi! **(15 poin)**

10. Sebuah rombongan gamelan bergerak dengan kecepatan  $20 \text{ km/jam}$  mendekati seorang pendengar yang berdiri di pinggir jalan. Rombongan tersebut memainkan saron yang menghasilkan frekuensi  $440 \text{ Hz}$ . Jika kecepatan bunyi di udara adalah  $340 \text{ m/s}$ , Berapa frekuensi bunyi saron yang didengar oleh pendengar? **(15 poin)**

11. Dua kelompok gamelan A dan B sedang berlatih di dua sanggar yang berdekatan. Kedua sanggar tersebut terletak di pusat desa dan dipisahkan oleh sebuah jalan kecil. Saat latihan berlangsung, kedua kelompok memainkan gending dengan nada dasar yang hampir sama. Andi sedang berjalan kaki melewati jalan tersebut, tepat di antara kedua sanggar. Saat berada di tengah jalan, terdengar suara gamelan yang sangat keras dan berpadu. Namun, ketika ia terus berjalan menjauhi sanggar suara gamelan terdengar perlahan melemah. Andi berfikir karena adanya perbedaan frekuensi gelombang suara yang dihasilkan dari perpaduan suara kedua kelompok gamelan tersebut. Ketika berada di tengah, frekuensi kedua gelombang sangat berdekatan sehingga terjadi penguatan suara. Namun, saat kita bergerak menjauh, perbedaan frekuensi semakin besar, menyebabkan pelemahan suara." Apakah penjelasan andi sudah tepat? Jelaskan menggunakan prinsip pelayangan! **(10 poin)**

12. Sebuah kelompok pawai budaya melewati jalan, membawa seperangkat gamelan yang menghasilkan frekuensi dominan  $500 \text{ Hz}$ . Kelompok gamelan tersebut bergerak mendekati penonton di pinggir jalan dengan kecepatan  $3 \text{ m/s}$ . Dari arah berlawanan,

sebuah mobil yang mengiringi pawai memainkan musik tradisional dengan frekuensi 501 Hz, bergerak mendekati penonton dengan kecepatan 2 m/s. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s, berapakah frekuensi pelayangan bunyi yang didengar penonton! **(20 poin)**

13. Kenong dengan laras slendro dan pelog merupakan dua alat musik yang menghasilkan nada yang hampir sama. Ketika kedua alat musik itu dimainkan bersamaan, kamu mendengar suara yang kadang keras dan kadang pelan secara berulang. Apa nama fenomena suara ini? jelaskan bagaimana fenomena ini terjadi? **(10 poin)**
14. Di Lembah Baliem, Papua, terdapat tradisi membuat seruling kembar dari bambu "pikon". Dua seruling ini dibuat dengan ukuran yang sangat mirip, namun tidak persis sama, sehingga menghasilkan nada yang sedikit berbeda. Ketika dimainkan bersamaan, seruling-seruling ini menghasilkan suara yang khas, bergetar dan "berombak". Jelaskan fenomena fisika yang terjadi ketika dua seruling "pikon" dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan bersamaan! **(10 poin)**

**SELAMAT MENGERJAKAN**

## Lampiran 7 Jawaban Uji Coba Soal

Felda Salwa G.

11/XIF3

Fisika

No. \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

- ☐ 1. Karena gong menghasilkan suara kuat dengan nada rendah yang efektif menyebar di ruang terbuka tanpa banyak hambatan.
- ☒ 4. sehingga tetap terdengar jelas meski jauh
- ☐ 5. Pernyataan B karena gelombang bunyi adalah gelombang mekanik longitudinal yang membutuhkan medium untuk merambat dan dihasilkan oleh benda yang bergetar, pernyataan A dan C salah karena menyebutkan gelombang bunyi sebagai gelombang elektromagnetik dan transversal.
- ☒ 3. frekuensi akan semakin tinggi mengikuti tinggi nada yang dimainkan bonang.
- ☐ 4. Dina tidak mendengar musik saat pintu kamar Annisa tertutup.
- ☒ 5. Kemungkinan pintunya cukup baik untuk meredam suara, sedangkan saat pintu dibuka, celah itu memungkinkan suara melentur (difraksi), dan dina pun bisa mendengar.
- ☒ 5. Situasi b. karena kecepatan perambatan bunyi sangat dipengaruhi oleh medium (zat perantara) yang dilaluinya, seperti zat padat (kayu)
- ☐ 6.  $d_1 = \lambda_1 \cdot f_1 = 800 \text{ Hz}$
- ☒  $\lambda_1 = 1.5 \text{ m}$
- ☒  $\lambda_2 = 1.13 \text{ m}$
- ☐  $d_2 = \lambda_2 \cdot f_2$
- ☐  $d_2 = \lambda_2 \cdot f_2 = \lambda_1 \cdot f_1$
- ☐  $= 300 \times 1.5 = 450 = 450$
- ☐  $\lambda_2 = 1.13$
- ☐  $= 398 \text{ Hz}$
- ☒ 7. Pernyataan (a), (b), (c). adalah benar berdasarkan prinsip efek doppler, dimana gerakan relatif antara sumber bunyi dan pendengar ~~menyebabkan~~ menyebabkan perubahan frekuensi yang diterima.
- ☐ 8. Ya, keduanya akan mendengar klakson mobil masing-masing dengan frekuensi yang lebih tinggi karena adanya efek doppler akibat gerakan yang relatif saling mendekat.

**BEST**

9. karena adanya efek doppler, semakin jauh sumber bunyi maka bunyi yang didengar ikut menjauh, sedangkan jika semakin mendekat bunyi yang didengar ikut mendekat.
10.  $f_p = \frac{340 \text{ m/s}}{340 - \frac{50}{4}} \times 440$
- $$= \frac{340}{340 \times 9 - 50} \times 440$$
- $$= \frac{340}{3010} \times 440$$
- $$= \frac{340 \times 440}{3010}$$
- $$= \frac{340 \times 9}{3010} \times 440$$
- $$= \frac{134.640}{301} = 447,308 \rightarrow 447,31 \text{ Hz}$$
11. Penjelasan Andi sebagian benar, penguatan suara di tengah didominasi oleh efek pelayangan dengan frekuensi rendah, sedangkan pelemahan suara saat menjauh didominasi oleh penurunan intensitas bunyi akibat jarak
12.  $f = \frac{v}{v - v_s} \cdot f$   $f_{\text{mobil}} = \frac{340}{340 - 2} \times 501$
- $$= \frac{340}{340 - 3} \times 500$$
- $$= \frac{340}{337} \times 500$$
- $$= 1008,9 \times 500$$
- $$= 504,45 \text{ Hz}$$
- $$= \frac{340}{338} \times 501$$
- $$= 1005,9 \times 501$$
- $$= 504,96 \text{ Hz}$$
13. fenomena pelayangan : fenomena suara keras dan pelan yang berulang saat dua bunyi dengan frekuensi sedikit berbeda berinterferensi



# Lampiran 8 Analisis Hasil Uji Coba Soal

| No Urut | Nomor Soal |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|         | 1          | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1       | 4          | 10 | 10 | 4  | 10 | 5  | 10 | 10 | 15 | 15 | 4  | 20 | 10 | 10 |
| 2       | 5          | 10 | 10 | 5  | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 5  | 15 | 10 | 4  |
| 3       | 5          | 10 | 10 | 10 | 10 | 1  | 10 | 6  | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 8  |
| 4       | 4          | 6  | 10 | 10 | 10 | 10 | 5  | 10 | 15 | 10 | 5  | 15 | 10 | 8  |
| 5       | 5          | 7  | 10 | 5  | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 15 | 1  | 1  |
| 6       | 1          | 7  | 10 | 5  | 1  | 5  | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 5  |
| 7       | 5          | 7  | 10 | 4  | 10 | 1  | 4  | 10 | 15 | 5  | 8  | 15 | 10 | 10 |
| 8       | 3          | 6  | 10 | 7  | 10 | 4  | 4  | 6  | 15 | 14 | 1  | 18 | 10 | 5  |
| 9       | 5          | 10 | 10 | 7  | 1  | 10 | 1  | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | 4  |
| 10      | 4          | 8  | 10 | 5  | 10 | 5  | 8  | 10 | 15 | 1  | 7  | 10 | 10 | 10 |
| 11      | 7          | 6  | 5  | 7  | 10 | 4  | 1  | 10 | 15 | 10 | 10 | 9  | 10 | 8  |
| 12      | 5          | 7  | 10 | 1  | 5  | 10 | 10 | 5  | 10 | 15 | 1  | 20 | 10 | 3  |
| 13      | 4          | 6  | 10 | 5  | 10 | 5  | 10 | 5  | 10 | 10 | 5  | 15 | 10 | 5  |
| 14      | 5          | 7  | 10 | 10 | 10 | 5  | 10 | 10 | 15 | 2  | 5  | 3  | 10 | 8  |
| 15      | 7          | 10 | 10 | 4  | 10 | 1  | 5  | 5  | 15 | 10 | 5  | 15 | 4  | 8  |
| 16      | 5          | 10 | 10 | 6  | 3  | 5  | 1  | 10 | 15 | 15 | 5  | 3  | 8  | 10 |
| 17      | 8          | 7  | 10 | 10 | 1  | 5  | 1  | 10 | 15 | 10 | 5  | 5  | 10 | 8  |
| 18      | 5          | 7  | 10 | 10 | 1  | 2  | 1  | 10 | 15 | 5  | 10 | 8  | 10 | 8  |
| 19      | 4          | 8  | 5  | 5  | 7  | 1  | 10 | 10 | 15 | 5  | 10 | 10 | 4  | 8  |
| 20      | 5          | 10 | 8  | 10 | 1  | 5  | 1  | 10 | 13 | 10 | 5  | 9  | 10 | 5  |
| 21      | 5          | 7  | 10 | 10 | 1  | 1  | 7  | 5  | 15 | 5  | 10 | 5  | 10 | 10 |
| 22      | 8          | 10 | 10 | 5  | 10 | 3  | 10 | 10 | 7  | 13 | 3  | 1  | 5  | 4  |
| 23      | 3          | 10 | 8  | 10 | 1  | 3  | 1  | 10 | 13 | 10 | 5  | 9  | 10 | 5  |
| 24      | 1          | 6  | 10 | 13 | 5  | 5  | 2  | 10 | 10 | 10 | 5  | 15 | 5  | 1  |
| 25      | 5          | 7  | 10 | 10 | 10 | 1  | 4  | 10 | 10 | 6  | 3  | 8  | 8  | 5  |
| 26      | 8          | 10 | 10 | 5  | 5  | 1  | 3  | 10 | 10 | 5  | 10 | 0  | 10 | 10 |
| 27      | 1          | 7  | 5  | 5  | 1  | 10 | 10 | 5  | 10 | 10 | 10 | 1  | 10 | 8  |
| 28      | 10         | 5  | 10 | 4  | 1  | 3  | 4  | 2  | 9  | 14 | 10 | 3  | 10 | 8  |
| 29      | 3          | 7  | 10 | 7  | 5  | 10 | 8  | 1  | 14 | 1  | 1  | 14 | 5  | 5  |
| 30      | 5          | 7  | 10 | 10 | 10 | 1  | 5  | 5  | 2  | 10 | 10 | 10 | 1  | 4  |
| 31      | 5          | 7  | 10 | 10 | 5  | 2  | 10 | 1  | 2  | 10 | 10 | 1  | 1  | 1  |
| 32      | 3          | 5  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 10 | 5  | 7  | 14 | 4  | 4  | 8  |
| 33      | 1          | 7  | 5  | 5  | 0  | 1  | 1  | 8  | 10 | 10 | 0  | 15 | 1  | 5  |
| 34      | 5          | 7  | 10 | 5  | 1  | 3  | 10 | 5  | 0  | 0  | 7  | 0  | 10 | 3  |
| 35      | 4          | 7  | 10 | 6  | 1  | 1  | 1  | 5  | 6  | 10 | 5  | 1  | 1  | 1  |

|                  |                         |               |                |               |               |          |          |               |          |          |               |               |          |                       |          |
|------------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|----------|-----------------------|----------|
| Uji Validitas    | sum x                   | 163           | 268            | 321           | 236           | 201      | 150      | 199           | 269      | 411      | 311           | 227           | 347      | 268                   | 214      |
|                  | sum x <sup>2</sup>      | 901           | 2142           | 3053          | 1878          | 1719     | 1012     | 1639          | 2367     | 5433     | 3353          | 1823          | 4743     | 2456                  | 1590     |
|                  | sum xy                  | 16838         | 27790          | 33200         | 24225         | 21963    | 16239    | 21079         | 28432    | 43953    | 32702         | 23340         | 37627    | 28586                 | 22543    |
|                  | rx <sub>xy</sub>        | 0,11220532    | 0,336353       | 0,288624      | 0,028798      | 0,544016 | 0,428082 | 0,290337      | 0,47739  | 0,70809  | 0,327897      | 0,044541      | 0,542982 | 0,531103302           | 0,349279 |
| Uji Reliabilitas |                         | tidak valid   | valid          | tidak valid   | tidak valid   | valid    | valid    | tidak valid   | valid    | valid    | tidak valid   | tidak valid   | valid    | valid                 | valid    |
|                  | varians                 | 4,17310924    | 2,643697       | 3,205042      | 8,431933      | 16,6084  | 10,85714 | 14,92773      | 8,81008  | 17,8437  | 17,3395       | 10,31597      | 38,31597 | 11,8789916            | 8,280672 |
|                  | sum varians butir total | 173,631933    |                |               |               |          |          |               |          |          |               |               |          |                       |          |
|                  | sum varians tanpa 11    | 163,315966    |                |               |               |          |          |               |          |          |               |               |          |                       |          |
| Uji Kesukaran    | r total                 | 0,51482946    | tidak reliabel |               |               |          |          |               |          |          |               |               |          |                       |          |
|                  | r 11 buang              | 0,55620413    | reliabel       |               |               |          |          |               |          |          |               |               |          |                       |          |
|                  | skormaks                | 10            | 10             | 10            | 10            | 10       | 15       | 10            | 10       | 15       | 15            | 10            | 20       | 10                    | 10       |
|                  | rata-rata               | 4,65714286    | 7,657143       | 9,171429      | 6,742857      | 5,742857 | 4,285714 | 5,685714      | 7,68571  | 11,7429  | 8,885714      | 6,485714      | 9,914286 | 7,657142857           | 6,114286 |
| Daya Beda        | tingkatkesukaran        | 0,46571429    | 0,765714       | 0,917143      | 0,674286      | 0,574286 | 0,285714 | 0,568571      | 0,76857  | 0,78286  | 0,592381      | 0,648571      | 0,495714 | 0,765714286           | 0,611429 |
|                  |                         | sedang        | mudah          | mudah         | sedang        | sedang   | sukar    | sedang        | mudah    | mudah    | sedang        | sedang        | sedang   | mudah                 | sedang   |
|                  | skormaks                | 10            | 10             | 10            | 10            | 10       | 15       | 10            | 10       | 15       | 15            | 10            | 20       | 10                    | 10       |
|                  | daya beda               | -0,04         | 0,12           | 0,15          | 0,04          | 0,48     | 0,186667 | 0,19          | 0,45     | 0,48     | 0,166667      | 0             | 0,47     | 0,38                  | 0,12     |
| Keterangan Soal  |                         | dibuang       | dibuang        | dibuang       | dibuang       | diterima | dibuang  | dibuang       | diterima | diterima | dibuang       | dibuang       | diterima | diterima dan direvisi | dibuang  |
|                  |                         | tidak dipakai | dipakai        | tidak dipakai | tidak dipakai | dipakai  | dipakai  | tidak dipakai | dipakai  | dipakai  | tidak dipakai | tidak dipakai | dipakai  | dipakai               | dipakai  |

## Lampiran 9 Kartu Soal

### KARTU SOAL INSTRUMENT *PRETEST-POSTTEST* UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MATERI GELOMBANG BUNYI

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Jenjang Pendidikan  | : SMA             |
| Mata pelajaran      | : Fisika          |
| Materi Pokok        | : Gelombang Bunyi |
| Instrumen Penilaian | : Soal Uraian     |

| <b>KARTU SOAL <i>PRETEST-POSTTEST</i> URAIAN</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jenjang Pendidikan : SMA<br>Mata pelajaran : Fisika<br>Materi Pokok : Gelombang Bunyi<br>Instrumen Penilaian : Soal Uraian    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                              |
| <b>Sub Materi :</b><br>Konsep dasar gelombang bunyi                                                                           | <b>Soal 1 :</b><br>Perhatikan pernyataan berikut!<br>(a) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik, arah rambatnya searah dengan arah getarnya, merambat tanpa melalui perantara, dihasilkan oleh benda yang bergetar. (b) Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik, arah rambatnya searah dengan arah getarnya, merambat melalui perantara, dihasilkan oleh benda yang bergetar.<br>(c) Gelombang bunyi merupakan gelombang elektromagnetik arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya, merambat melalui perantara, dihasilkan oleh benda yang bergetar. | <b>Aspek Kognitif : C4</b><br><br><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br>Membangun keterampilan dasar, mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, kemampuan memberikan alasan. |
| <b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br>Peserta didik mampu menganalisis karakteristik gelombang bunyi. | Manakah pernyataan diatas yang sesuai dengan karakteristik gelombang bunyi? Berikan alasannya!<br><b>Jawaban :</b><br>Pernyataan yang benar tentang karakteristik gelombang bunyi adalah Pernyataan b. Berikut penjelasannya:<br>➤ Gelombang bunyi adalah gelombang mekanik Gelombang bunyi memerlukan medium (seperti udara, air, atau padat) untuk merambat. Hal ini berbeda dengan gelombang elektromagnetik yang dapat merambat tanpa medium.                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                              |

|                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                             | <p>➤ Gelombang bunyi merambat dengan cara menggetarkan partikel-partikel medium searah dengan arah rambatannya yang merupakan gelombang longitudinal. Ini berbeda dengan gelombang transversal, di mana partikel-partikel medium bergetar tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.</p> <p>Dihasilkan oleh benda yang bergetar. Gelombang bunyi dihasilkan ketika suatu benda bergetar, misalnya senar gitar yang dipetik atau pita suara manusia yang bergetar saat berbicara.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                     |
| <p><b>Sub Materi :</b><br/>Cepat Rambat Bunyi</p>                                                                                                           | <p><b>Soal 2 :</b><br/>Di sebuah desa pesisir, terdapat tiga situasi yang melibatkan perambatan bunyi:</p> <p>(a) Seorang nelayan berteriak memanggil temannya di laut untuk memberi tahu bahwa ikan sudah banyak terkumpul di jaring.</p> <p>(b) Seorang nelayan lain mengetuk dinding perahu kayu untuk memberi tanda kepada temannya dengan perahu yang sama bahwa ia mendapatkan ikan.</p> <p>(c) Seorang anak nelayan mendengarkan suara yang merambat melalui air dengan menempelkan telinganya ke permukaan air untuk mendeteksi keberadaan ikan.</p> <p>Berdasarkan ketiga situasi diatas manakah situasi yang perambatan bunyinya lebih cepat? mengapa?</p> <p><b>Jawaban :</b><br/>Situasi yang perambatan bunyinya lebih cepat adalah (b), yaitu melalui zat padat (kayu).<br/>Mengapa demikian?<br/>Kecepatan rambat bunyi sangat dipengaruhi oleh kerapatan medium yang dilaluinya. Semakin rapat suatu medium, maka getaran bunyi untuk merambat dari satu partikel ke partikel berikutnya akan lebih cepat. Zat padat (seperti kayu) memiliki kerapatan partikel yang paling tinggi dibandingkan cairan dan gas. Oleh</p> | <p><b>Aspek Kognitif : C5</b></p> <p><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br/>Menyimpulkan, membuat dan menentukan berdasarkan hasil pertimbangan.</p> |
| <p><b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br/>Peserta didik mampu menganalisis cepat rambat bunyi pada medium gas, cair, dan padat.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                      | karena itu, bunyi merambat paling cepat melalui zat padat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                 |
| <b>Sub Materi :</b><br>Cepat Rambat Bunyi                                                                                                                            | <b>Soal 3 :</b><br>Seorang seniman ingin mempelajari karakteristik bunyi yang dihasilkan oleh salah satu instrumen gamelan yaitu Gong. Jika diketahui frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh gong tersebut sebesar 425,5 Hz dengan panjang gelombang 1,2 meter. Berapa frekuensi yang dihasilkan untuk mendapatkan panjang gelombang 1,5 meter?<br><b>Jawaban :</b><br>Diketahui :<br>$f_1 = 425,5 \text{ Hz}$ $\lambda_1 = 1,2 \text{ m}$ $\lambda_2 = 1,5 \text{ m}$<br>Ditanya : $f_2 \dots ?$<br>Dijawab :<br>$\lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2$ $1,2 \times 425,5 = 1,5 \times f_2$ $f_2 = 340,4 \text{ Hz}$<br>Jadi frekuensi yang dihasilkan untuk mendapatkan panjang gelombang 1,5 meter sebesar 340,4 Hz | <b>Aspek Kognitif : C4</b><br><br><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br>Mengatur strategi dan taktik, menentukan suatu tindakan. |
| <b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br>Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara frekuensi, cepat rambat bunyi, dan panjang gelombang. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |
| <b>Sub Materi :</b><br>Efek Doppler                                                                                                                                  | <b>Soal 4 :</b><br><br>Pada hari Rabu, Ibu ingin melihat pertunjukan wayang dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika di perjalanan, Ibu berpapasan dengan Bu Riski dengan arah berlawanan. Keduanya saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Apakah keduanya bisa mendengar klakson lebih jelas? Mengapa demikian?<br><b>Jawaban :</b><br>Ya, keduanya bisa mendengar klakson lebih jelas.<br>Penjelasan:<br>Fenomena ini dijelaskan oleh Efek Doppler. Efek Doppler adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang suatu gelombang yang terdeteksi oleh pengamat                                                              | <b>Aspek Kognitif : C5</b><br><br><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br>Menyimpulkan, membuat dan menentukan hasil pertimbangan  |
| <b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br>Peserta didik mampu mengevaluasi pernyataan-pernyataan terkait efek doppler.                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                         | <p>karena adanya gerak relatif antara sumber gelombang dan pengamat.</p> <p>Dalam kasus ini:</p> <p>Ketika Mobil Ibu dan Mobil Bu Riski saling mendekat: Jika Ibu adalah sumber bunyi (klakson) dan Bu Riski adalah pengamat, karena mereka saling mendekat, frekuensi klakson yang didengar oleh Bu Riski akan lebih tinggi dari frekuensi sumber (klakson asli). Frekuensi yang lebih tinggi ini sering diinterpretasikan sebagai suara yang lebih "jelas" atau "nyaring".</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Sub Materi :</b><br/>Efek Doppler</p>                                                                                                                                             | <p><b>Soal 5 :</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>Aspek Kognitif : C4</b></p>                                                                                                                                        |
| <p><b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br/>Peserta didik mampu menyelidiki perubahan kecepatan sumber bunyi terhadap frekuensi yang diterima oleh pendengar.</p> | <div style="text-align: center;">  <p><b>Perahu A                      Perahu B</b></p> </div> <p>Di sebuah desa pesisir, masyarakat setempat memiliki tradisi menggunakan perahu tradisional yang dilengkapi dengan lonceng kayu untuk berkomunikasi antarperahu saat melaut. Ketika perahu A bergerak menyusul perahu B dalam arah yang sama, bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi keras. Sedangkan ketika perahu A bergerak lebih cepat dan menjauhi perahu B bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B akan berubah menjadi lemah. Jelaskan mengapa bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu B berubah ketika perahu bergerak mendekati atau menjauhi!</p> <p><b>Jawaban :</b><br/>Perubahan bunyi lonceng kayu yang terdengar oleh nelayan di perahu lain ketika perahu bergerak mendekati atau menjauhi dapat dijelaskan melalui <b>Efek Doppler</b>.<br/>Jika sumber suara (dalam hal ini lonceng kayu) dan pengamat (nelayan di perahu lain) bergerak saling mendekati, frekuensi</p> | <p><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br/>Membangun keterampilan dasar, mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, kemampuan untuk memberikan alasan.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                 | <p>suara yang terdengar akan lebih tinggi daripada frekuensi aslinya. Ini menyebabkan suara terdengar lebih nyaring.</p> <p>Sebaliknya, jika sumber suara dan pengamat bergerak saling menjauhi, frekuensi suara yang terdengar akan lebih rendah daripada frekuensi aslinya. Ini menyebabkan suara terdengar lebih rendah.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                    |
| <p><b>Sub Materi :</b><br/>Pelayangan bunyi</p> <p><b>Indikator</b><br/><b>Ketercapaian</b><br/><b>Tujuan</b><br/><b>Pembelajaran</b><br/><b>(IKTP) :</b><br/>Peserta didik mampu menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.</p> | <p><b>Soal 6 :</b><br/>Sebuah kelompok pawai budaya melewati jalan, membawa seperangkat gamelan yang menghasilkan frekuensi dominan 500 Hz. Kelompok gamelan tersebut bergerak mendekati penonton di pinggir jalan dengan kecepatan 3 m/s. Dari arah berlawanan, sebuah mobil yang mengiringi pawai memainkan musik tradisional dengan frekuensi 501 Hz, bergerak mendekati penonton dengan kecepatan 2 m/s. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s, berapakah frekuensi pelayangan bunyi yang didengar penonton!</p> <p><b>Jawaban :</b><br/>Diketahui :</p> $f_{s1} = 500 \text{ Hz}$ $v_{s1} = 3 \text{ m/s}$ $f_{s2} = 501 \text{ Hz}$ $v_{s2} = 2 \text{ m/s}$ $v = 340 \text{ m/s}$ $v_p = 0 \text{ m/s}$ <p>Ditanya : <math>f_{\text{pelayangan}}?</math><br/>Dijawab :</p> $f_{p1} = \left( \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s$ $f_{p1} = \left( \frac{340 + 0}{340 - 3} \right) 500$ $f_{p1} = 1,0089 \times 500$ $= 504,45 \text{ Hz}$ $f_{p2} = \left( \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s$ $f_{p2} = \left( \frac{340 + 0}{340 - 2} \right) 501$ $f_{p2} = 1,0059 \times 501$ | <p><b>Aspek Kognitif : C4</b></p> <p><b>INDIKATOR</b><br/><b>BERPIKIR KRITIS:</b><br/>Mengatur strategi dan taktik, menentukan suatu tindakan.</p> |

|                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                        | $f_{\text{pelayangan}} =  f_{p1} - f_{p2} $ $=  504,45 - 503,96 $ $= 0,49 \text{ Hz}$ <p>Frekuensi pelayangan bunyi yang didengar oleh penonton adalah sekitar 0,49 Hz</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                        |
| <b>Sub Materi :</b><br>Pelayangan bunyi<br><br><b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br>Peserta didik mampu menganalisis hubungan frekuensi sehingga terjadinya pelayangan bunyi. | <b>Soal 7 :</b><br>Kenong dengan laras slendro dan pelog merupakan dua alat musik yang menghasilkan nada yang hampir sama. Ketika kedua alat musik itu dimainkan bersamaan, terdengar suara yang kadang keras dan kadang pelan secara berulang. Apa nama fenomena suara ini? jelaskan bagaimana fenomena ini terjadi?<br><br><b>Jawaban :</b><br>Ketika kenong laras slendro dan pelog dimainkan bersamaan dan terdengar suara yang kadang keras dan kadang pelan secara berulang, fenomena ini disebut <b>pelayangan</b> .<br>pelayangan terjadi karena dua gelombang bunyi dengan frekuensi yang sedikit berbeda saling berinterferensi.                                                                                                                                                | <b>Aspek Kognitif : C4</b><br><br><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br>Memberikan penjelasan sederhana, bertanya dan menjawab,                                         |
| <b>Sub Materi :</b><br>Pelayangan bunyi<br><br><b>Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) :</b><br>Peserta didik mampu menganalisis terjadinya pelayangan bunyi.                             | <b>Soal 8 :</b><br>Di Lembah Baliem, Papua, terdapat tradisi membuat seruling kembar dari bambu bernama pikon. Dua seruling memiliki ukuran yang hampir sama sehingga menghasilkan nada yang sedikit berbeda. Jelaskan fenomena fisika yang terjadi ketika dua seruling pikon dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan bersamaan!<br><br><b>Jawaban :</b><br>Fenomena fisika yang terjadi ketika dua seruling "pikon" dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan bersamaan adalah pelayangan bunyi.<br>Ketika dua seruling dimainkan dengan nada yang sedikit berbeda dimainkan secara bersamaan maka terjadi interferensi. Ketika nada yang terdengar lebih keras maka terjadi interferensi konstruktif dan jika nada yang terdengar lebih lemah maka terjadi interferensi destruktif. | <b>Aspek Kognitif : C4</b><br><br><b>INDIKATOR BERPIKIR KRITIS:</b><br>Memberikan penjelasan lebih lanjut, mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi. |

Lampiran 10 Lembar Jawaban Pre Test Kelas Eksperimen

Nama : Ahmad Fauzi A1.A  
 kelas : XI-F1  
 No : 03

49

No. \_\_\_\_\_  
 Date: 17-04-2025

1 (b) karena gelombang bunyi merupakan salah satu arah gelombang mekanik. Gelombang mekanik dapat dipantulkan, dibiaskan, dipadukan menjadi salah satu. Bunyi dihasilkan dari sumber bunyi yang bergetar, lalu merambat melalui udara di sekitar sumber bunyi hingga sampai ke telinga manusia.

2 (b). Kecepatan perambatan bunyi tergantung pada medium yang dilaluinya. Bunyi merambat paling cepat pada zat padat, lebih lambat pada cairan dan paling lambat pada gas.

3  $D_1 = f_1 = 425,5 \text{ Hz}$   
 $\lambda_1 = 1,2 \text{ m}$   
 $\lambda_2 = 1,5 \text{ m}$

$D_2 = f_2 = \dots ?$

$D_3 = \frac{f_1}{\lambda_1} = \frac{f_2}{\lambda_2}$

$\frac{425,5}{1,2} = \frac{f_2}{1,5}$

$f_2 = \frac{425,5}{1,2} \cdot 1,5 = 531,875 \text{ Hz}$

SiDU

4. Iya bisa, karena ketika mobil tersebut sedang men decet, sehingga suara dan dengker lebih keras dibanding produksi asli.

5. • Lanteng dengker lebih lanteng karena melajuin peredu 13 karena bunyi terkompresi

• Bunyi lanteng dengker lebih polan karena gelombang bunyi merengang.

6. 
$$f_{\text{pelayangan}} = f_1 - f_2$$
$$= 501 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}$$
$$= 1 \text{ Hz}$$

7. Interferensi bunyi  
- frekuensinya menghasilkan interferensi konstruktif dan destruktif secara bergantian

8. Fenomena pelayangan  
ketika dimainkan bersama dan dengker naik turun. karena gelombang dengan  $f$  hampir sama dan saling bertakut.

## Lampiran 11 Lembar Jawaban Post Test Kelas Eksperimen

Ahmad Fauzi A.I.A  
03 / XI-F2 (62) 24-04-2025

1. (A)  
Bunyi adalah gelombang mekanik yang merambatkan melalui medium untuk merambat (seperti udara, air, atau benda padat).  
Bunyi tidak bisa merambat di ruang hampa

2. (A) karena bunyi merambat paling lambat di gas (udara).

3.  $f_1 \cdot \lambda_1 = f_2 \cdot \lambda_2$   
 $425,5 \cdot 1,3 = f_2 \cdot 1,5$   
 $553,15 = f_2 \cdot 1,5$   
 $\frac{553,15}{1,5} = f_2$   
 $f_2 = 368,77 \text{ Hz}$

4. Fenomena efek Doppler terjadi ketika sumber gelombang bergerak lebih cepat dan frekuensinya lebih tinggi, karena sumber dan penerima sedang bergerak

5. • Ketika perahu A menyusul perahu B, bunyi akan terdengar lebih keras (frekuensi naik) karena A mendekati B  
 • Sebaliknya, jika A menjauh bunyi terdengar lebih lemah (frekuensi turun).

6.  $f_p = \frac{v + v_p}{v - v_s} \cdot f_s$   
 $= \frac{340 + 0}{340 - 3} \cdot 500 = 504,45 \text{ Hz}$

$$f_{p2} = \frac{v + v_p}{v - v_s} \cdot f_s$$

$$= \frac{340 + 0}{340 - 4} \cdot 501 = 506,96 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{pelayangan}} &= (f_{p2} - f_{p1}) \\ &= 506,96 - 504,45 \\ &= 2,51 \text{ Hz} \end{aligned}$$

7. Jika 2 gelombang dengan frekuensi hampir sama diradiasikan bersamaan, amplitudo akan saling menguat dan melemah secara periodik. Ini menghasilkan suara terdengar bergeser-pelan dan tertinggal.

8. Fenomena pelayangan terjadi karena interferensi dua gelombang dengan frekuensi hampir sama, menghasilkan nilai-nilai intensitas suara secara berkala.

## Lampiran 12 Lembar Jawaban Pre Test Kelas Kontrol

Kelas: XI/2  
No. 62  
Date: / /

- yang sesuai karakteristik gelombang bunyi adalah (B)

karena gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik, artinya ia memerlukan medium / perantara untuk merambat (seperti udara, air, atau benda padat)

Arah rambat gelombang bunyi searah dengan arah getarannya, sehingga gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal

Gelombang bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar.
- Media yang perambatan bunyinya paling cepat adalah (B)

karena kecepatan rambat bunyi tergantung pada mediumnya

Bunyi merambat paling cepat dalam zat padat, karena partikel-partikelnya sangat rapat
- $V = f \times \lambda$

$= 425,5 \times 1,2$

$= 510,6 \text{ m/s}$

frekuensi bunyi panjang berubah 1,5 m

$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{510,6}{1,5} = 340,4 \text{ Hz}$
- Ya, keduanya bisa mendengar bunyi, karena lebih jelas ketika dua kendaraan bergerak saling mendekat, seperti itu dan bunyi yang saling berpaparan dari arah berlawanan maka frekuensi bunyi yang terdengar akan lebih tinggi dari frekuensi aslinya

Karena mereka saling mendekat, gelombang bunyi menjadi lebih rapat sehingga bunyinya terdengar lebih tinggi / lebih.
- Bunyi lonceng kayu yang terdengar berubah karena perubahan yang bergerak mendekat atau menjauhi perahu B menyebabkan perubahan frekuensi dan intensitas bunyi yang diterima oleh nelayan di perahu B

estudier

6 D.  $f_1 = 500 \text{ Hz}$  (deam)

$v_{s1} = 3 \text{ m/s}$

$f_2 = 821.7 \text{ Hz}$

$v_{s2} = 2 \text{ m/s}$

$v = 340 \text{ m/s}$

$\Delta f = f_{\text{beat}} ?$

$\Delta f = f_1 - \cancel{f_2} \left( \frac{v}{v - v_{s1}} \right)$

20  $= 500 \left( \frac{340}{340 - 3} \right)$

$= 500 \left( \frac{340}{337} \right)$

$= 500 \times 1.0089$

$= 504.46 \text{ Hz}$

$f_2 = 501 \left( \frac{340}{340 - 2} \right)$

$= 501 \left( \frac{340}{338} \right)$

$= 501 \times 1.0059$

$= 503.96 \text{ Hz}$

$f_{\text{beat}} = |f_1' - f_2'|$

$= |504.46 - 503.96|$

$= 0.5 \text{ Hz}$

22/10/20

No.

Date: / /

7. Pelat yang bunyi tegak. Letakkan dua sumber bunyi  
8 dengan frekuensi hampir sama di antara  
sisi bukaan

8.0

Dare to be yourself

Date:

76

Presensi : 04

- (c) Mendengar melalui air  $\rightarrow$  perambatan di air (rectang)

— " — bar : 115 m

$$= 553,15 \text{ m/s}$$
$$\frac{= 553,15}{1,5} = 368,77 \text{ Hz}$$

**KIKY** Believe that you can

*Never give up*

No.:

Date:

4. Keduanya bisa mendengar klakson rata sama lain, tetapi suara yang terdengar tidak lebih jelas.

Alasan: ketika dua sumber suara bergerak saling mendekat, efek Doppler terjadi. Namun, karena keduanya bergerak saling mendekat dengan kecepatan tinggi, frekuensi yang terdengar akan lebih tinggi dari sebenarnya. Setelah berpaparan, suara akan terdengar lebih rendah. Jadi, bukan soal kejelasan, tetapi frekuensi yang berubah.

5. Penjelasan: Fenomena ini terjadi karena efek Doppler.

• ketika perahu A mendekati perahu B, gelombang bunyi terkompresi, frekuensi meningkat → suara terdengar lebih keras / tinggi.

• ketika perahu A menjauhi perahu B, gelombang bunyi teregang, frekuensi menurun → suara terdengar lebih lemah / rendah.

6. Karena sumber bergerak, kita harus menghitung frekuensi yang terdengar terlebih dahulu (efek Doppler).

|                                            |                                                |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Garasi (mendekat)                          | Mobil (mendekat)                               |
| $f_1 = f \times \frac{(v + v_0)}{v}$       | $f_2 = 101 \times \frac{(340 + 0)}{(340 - 4)}$ |
| $= 100 \times \frac{(340 + 0)}{(340 - 3)}$ | $= 101 \times \frac{340}{336}$                 |
| $= 107,60 \text{ Hz}$                      | $= 107,60 \text{ Hz}$                          |
| $= 104,48 \text{ Hz}$                      |                                                |

Pelaryangan =  $f_{\text{beat}} = |f_2 - f_1|$   
 $= |107,60 - 104,48| = 3,12 \text{ Hz}$

**KKY** Dare to be yourself

Never give up

No.:

Date:

☒ 7. Fenomena - Pelayangan (Beat)

☐ Terjadi ketika dua gelombang bunyi dengan frekuensi hampir sama diperdengarkan bersamaan. Karena perbedaan frekuensi  
10. kecil, terjadi Interferensi konstruktif dan destruktif bergantian  
☐ Sehingga terdengar suara kadang keras, kadang pelan

☒ 8. Fenomena yang terjadi adalah pelayangan bunyi.

☐ Ketika dua senar yang piken dengan frekuensi sedikit berbeda dimainkan bersamaan, gelombang bunyi mengalami

☒ Interferensi, menghasilkan suara yg berfluktuasi

☐ Intensitasnya (keras-pelan) secara periodik.

☐ Ini adalah contoh superposisi gelombang bunyi

## Lampiran 14 Analisis Uji Homogenitas Soal

### Tests of Homogeneity of Variances

|       |                                         | Levene<br>Statistic | df1 | df2    | Sig. |
|-------|-----------------------------------------|---------------------|-----|--------|------|
| hasil | Based on Mean                           | .027                | 1   | 65     | .869 |
|       | Based on Median                         | .015                | 1   | 65     | .904 |
|       | Based on Median and<br>with adjusted df | .015                | 1   | 62.310 | .904 |
|       | Based on trimmed<br>mean                | .024                | 1   | 65     | .877 |

Kesimpulan: Hasil analisis pada kedua kelas subjek penelitian dinyatakan homogen dengan (Sig.) sebesar  $0,869 > 0,05$ .

## Lampiran 15 Analisis Uji Normalitas Soal

| Tests of Normality       |                                 |    |       |              |    |      |
|--------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                          | Statistic                       | df | Sig.  | Statistic    | df | Sig. |
| nilai_pretest_eksperimen | .171                            | 35 | .011  | .949         | 35 | .104 |
| nilai_postes_eksperimen  | .117                            | 35 | .200* | .970         | 35 | .438 |

| Tests of Normality    |                                 |    |       |              |    |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Statistic                       | df | Sig.  | Statistic    | df | Sig. |
| nilai_pretest_kontrol | .102                            | 32 | .200* | .963         | 32 | .323 |
| nilai_postes_kontrol  | .119                            | 32 | .200* | .970         | 32 | .496 |

Kesimpulan: Hasil analisis uji pada kedua kelas subjek penelitian menggunakan teknik *shapiro-wilk* dinyatakan normal dengan (Sig.) > 0,05.

# Lampiran 16 Analisis Uji Paired Sample T-Test

## Paired Samples Statistics

|        |                | Mean  | N  | Std. Deviation | Std. Error<br>Mean |
|--------|----------------|-------|----|----------------|--------------------|
| Pair 1 | preeksperimen  | 29.11 | 35 | 12.637         | 2.136              |
|        | posteskperimen | 58.89 | 35 | 14.862         | 2.512              |
| Pair 2 | prekontrol     | 36.41 | 32 | 18.125         | 3.204              |
|        | postkontrol    | 56.03 | 32 | 13.684         | 2.419              |

## Paired Samples Correlations

|        |                                 | N  | Correlation | Significance |             |
|--------|---------------------------------|----|-------------|--------------|-------------|
|        |                                 |    |             | One-Sided p  | Two-Sided p |
| Pair 1 | preeksperimen & postesksperimen | 35 | .634        | <,001        | <,001       |
| Pair 2 | prekontrol & postkontrol        | 32 | .764        | <,001        | <,001       |

# Lampiran 17 Analisis Uji N-Gain

Analisis N-Gain Kelas Eksperimen

| No.ab     | Post test | Pre test | Post-Pre | skor ideal | n gain   |
|-----------|-----------|----------|----------|------------|----------|
| 1         | 61        | 24       | 37       | 76         | 0,486842 |
| 2         | 64        | 37       | 27       | 63         | 0,428571 |
| 3         | 62        | 38       | 24       | 62         | 0,387097 |
| 4         | 63        | 39       | 24       | 61         | 0,393443 |
| 5         | 64        | 22       | 42       | 78         | 0,538462 |
| 6         | 55        | 34       | 21       | 66         | 0,318182 |
| 7         | 55        | 51       | 4        | 49         | 0,081633 |
| 8         | 73        | 29       | 44       | 71         | 0,619718 |
| 9         | 60        | 21       | 39       | 79         | 0,493671 |
| 10        | 59        | 46       | 13       | 54         | 0,240741 |
| 11        | 61        | 36       | 25       | 64         | 0,390625 |
| 12        | 59        | 22       | 37       | 78         | 0,474359 |
| 13        | 37        | 19       | 18       | 81         | 0,222222 |
| 14        | 46        | 16       | 30       | 84         | 0,357143 |
| 15        | 23        | 19       | 4        | 81         | 0,049383 |
| 16        | 34        | 10       | 24       | 90         | 0,266667 |
| 17        | 67        | 55       | 12       | 45         | 0,266667 |
| 18        | 66        | 19       | 47       | 81         | 0,580247 |
| 19        | 56        | 22       | 34       | 78         | 0,435897 |
| 20        | 53        | 36       | 17       | 64         | 0,265625 |
| 21        | 44        | 21       | 23       | 79         | 0,291139 |
| 22        | 65        | 42       | 23       | 58         | 0,396552 |
| 23        | 70        | 42       | 28       | 58         | 0,482759 |
| 24        | 38        | 10       | 28       | 90         | 0,311111 |
| 25        | 53        | 20       | 33       | 80         | 0,4125   |
| 26        | 79        | 43       | 36       | 57         | 0,631579 |
| 27        | 38        | 12       | 26       | 88         | 0,295455 |
| 28        | 84        | 39       | 45       | 61         | 0,737705 |
| 29        | 64        | 21       | 43       | 79         | 0,544304 |
| 30        | 55        | 24       | 31       | 76         | 0,407895 |
| 31        | 50        | 7        | 43       | 93         | 0,462366 |
| 32        | 90        | 37       | 53       | 63         | 0,84127  |
| 33        | 90        | 45       | 45       | 55         | 0,818182 |
| 34        | 55        | 20       | 35       | 80         | 0,4375   |
| 35        | 68        | 41       | 27       | 59         | 0,457627 |
| Rata-rata | 58,88571  | 29,11429 | 29,77143 | 70,885714  | 0,423575 |

Analisis N-Gain Kelas Kontrol

| No.ab     | Post test | Pre test | Post-Pre | skor ideal | n gain   |
|-----------|-----------|----------|----------|------------|----------|
| 2         | 68        | 60       | 8        | 40         | 0,2      |
| 3         | 56        | 42       | 14       | 58         | 0,241379 |
| 4         | 76        | 62       | 14       | 38         | 0,368421 |
| 5         | 57        | 31       | 26       | 69         | 0,376812 |
| 7         | 65        | 26       | 39       | 74         | 0,527027 |
| 8         | 32        | 17       | 15       | 83         | 0,180723 |
| 9         | 46        | 26       | 20       | 74         | 0,27027  |
| 10        | 50        | 36       | 14       | 64         | 0,21875  |
| 11        | 50        | 10       | 40       | 90         | 0,444444 |
| 12        | 82        | 71       | 11       | 29         | 0,37931  |
| 13        | 48        | 41       | 7        | 59         | 0,118644 |
| 14        | 46        | 41       | 5        | 59         | 0,084746 |
| 15        | 72        | 56       | 16       | 44         | 0,363636 |
| 16        | 51        | 30       | 21       | 70         | 0,3      |
| 17        | 44        | 34       | 10       | 66         | 0,151515 |
| 18        | 74        | 55       | 19       | 45         | 0,422222 |
| 19        | 40        | 12       | 28       | 88         | 0,318182 |
| 20        | 65        | 51       | 14       | 49         | 0,285714 |
| 21        | 53        | 23       | 30       | 77         | 0,38961  |
| 22        | 47        | 40       | 7        | 60         | 0,116667 |
| 23        | 49        | 52       | -3       | 48         | -0,0625  |
| 24        | 67        | 57       | 10       | 43         | 0,232558 |
| 25        | 38        | 20       | 18       | 80         | 0,225    |
| 28        | 67        | 47       | 20       | 53         | 0,377358 |
| 29        | 43        | 9        | 34       | 91         | 0,373626 |
| 30        | 54        | 21       | 33       | 79         | 0,417722 |
| 31        | 65        | 24       | 41       | 76         | 0,539474 |
| 32        | 86        | 59       | 27       | 41         | 0,658537 |
| 33        | 65        | 59       | 6        | 41         | 0,146341 |
| 34        | 56        | 31       | 25       | 69         | 0,362319 |
| 35        | 34        | 17       | 17       | 83         | 0,204819 |
| 36        | 47        | 5        | 42       | 95         | 0,442105 |
| Rata-rata | 56,03125  | 36,40625 | 19,625   | 63,59375   | 0,302357 |

## Lampiran 18 Angket Respons Peserta Didik

### INSTRUMEN ANGKET RESPON PESERTA DIDIK LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK BERBASIS KEARIFAN LOKAL BERBANTUAN APLIKASI *PHYPHOX* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI GELOMBANG BUNYI

Nama : Leno Peguyon Burden  
Kelas : XI - F1  
Sekolah : SMAN 13 Semarang

#### A. Petunjuk Penilaian

- Jawablah dengan jujur dan sesuai dengan kondisi apa adanya.
- Setiap kolom wajib diisi, jawaban sangat diperlukan untuk memperbaiki LKPD yang dikembangkan.
- Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang sesuai untuk mengetahui respon/tanggapan peserta didik terhadap penggunaan LKPD berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi *Phyphox* dengan ketentuan sebagai berikut:  
Setuju : S  
Tidak Setuju : TS

#### B. Indikator Instrumen Penilaian

| No                             | Pernyataan                                                                                         | Tanggapan |    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|
|                                |                                                                                                    | S         | TS |
| Kualitas LKPD                  |                                                                                                    |           |    |
| 1.                             | Kalimat pada LKPD mudah dipahami.                                                                  | ✓         |    |
| 2.                             | Petunjuk penggunaan LKPD jelas dan mudah untuk diikuti langkah-langkahnya.                         | ✓         |    |
| 3.                             | Cover LKPD menarik perhatian.                                                                      | ✓         |    |
| 4.                             | Gambar dalam LKPD membantu saya lebih memahami materi gelombang bunyi.                             | ✓         |    |
| Kepenulisan (Simbol dan Rumus) |                                                                                                    |           |    |
| 5.                             | Simbol-simbol fisika dalam LKPD jelas dan mudah dipahami.                                          | ✓         |    |
| 6.                             | Penggunaan symbol dan rumus dalam LKPD membantu memahami konsep fisika.                            | ✓         |    |
| 7.                             | Penulisan symbol atau rumus dala LKPD tidak ditemukan kesalahan.                                   | ✓         |    |
| Kebahasaan                     |                                                                                                    |           |    |
| 8.                             | Bahasa yang digunakan dalam LKPD mudah dimengerti.                                                 | ✓         |    |
| 9.                             | Istilah atau kata-kata sulit tidak ada dalam LKPD.                                                 | ✓         |    |
| 10.                            | Bahasa yang digunakan dalam LKPD sesuai tingkat pemahaman saya.                                    | ✓         |    |
| Pengalaman Belajar             |                                                                                                    |           |    |
| 11.                            | Dengan menggunakan LKPD saya dapat memahami materi gelombang bunyi dengan mudah.                   | ✓         |    |
| 12.                            | Dengan menggunakan LKPD saya lebih tertarik belajar dibandingkan dengan LKPD yang biasa digunakan. | ✓         |    |
| 13.                            | Kegiatan dalam LKPD menjadikan saya lebih aktif dalam pembelajaran.                                | ✓         |    |
| 14.                            | Materi yang disajikan dalam LKPD memberikan pengetahuan baru bagi saya.                            | ✓         |    |

| Berpikir Kritis              |                                                                                                                                              |   |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 15.                          | LKPD dapat melatih saya menemukan alasan jawaban dalam menyelesaikan soal.                                                                   | ✓ |
| 16.                          | LKPD dapat membantu saya memberikan penjelasan sederhana dari kasus yang ada.                                                                | ✓ |
| 17.                          | LKPD dapat membantu saya mengamati lingkungan sekitar dengan kasus yang sama.                                                                | ✓ |
| 18.                          | LKPD dapat membantu saya menyimpulkan dari penjelasan kasus yang dipecahkan.                                                                 | ✓ |
| 19.                          | LKPD dapat membantu saya menjelaskan lebih rinci terkait fenomena yang ada di LKPD.                                                          | ✓ |
| 20.                          | LKPD dapat melatih saya untuk bekerja sama dengan teman kelompok dalam memecahkan masalah.                                                   | ✓ |
| Integrasi Kearifan Lokal     |                                                                                                                                              |   |
| 21.                          | Dengan menggunakan LKPD, saya mengetahui wawasan baru terhadap bentuk kearifan lokal di Indonesia terutama dalam kesenian musik tradisional. | ✓ |
| 22.                          | Materi dan contoh soal yang terintegrasi dengan kearifan lokal membantu saya dalam memahami materi gelombang bunyi.                          | ✓ |
| 23.                          | Materi dan contoh soal yang terintegrasi dengan kearifan lokal meningkatkan kecintaan terhadap musik tradisional.                            | ✓ |
| Pemanfaatan Aplikasi Phyphox |                                                                                                                                              |   |
| 22.                          | Aplikasi <i>phyphox</i> dapat digunakan dengan mudah.                                                                                        | ✓ |
| 23.                          | Kegiatan praktikum berbantuan <i>Phyphox</i> pada LKPD ini membuat saya semakin mudah mengingat dan memahami materi gelombang bunyi.         | ✓ |
| Pemanfaatan Aplikasi Gamelan |                                                                                                                                              |   |
| 24.                          | Aplikasi gamelan dapat digunakan dengan mudah.                                                                                               | ✓ |
| 25.                          | Dengan menggunakan aplikasi gamelan saya mudah memahami materi gelombang bunyi                                                               | ✓ |
| 26.                          | Dengan aplikasi gamelan saya lebih ingin mengetahui tentang kearifan lokal.                                                                  | ✓ |

### C. Kritik dan Saran

sudah cukup , proses pembelajaran mudah dipahami dan dimengerti dengan baik

Semarang, 29 April 2025



## Lampiran 19 Analisis Angket Respons Peserta Didik

**Respon Peserta Didik Terhadap LKPD Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi**  
*Phyphox*

| Aspek                                         | Nomor Pernyataan | Siswa Menjawab Setuju | Persentase | Rata-rata Persentase |
|-----------------------------------------------|------------------|-----------------------|------------|----------------------|
| <b>Kualitas LKPD</b>                          | 1                | 35                    | 97.2       | 97.9                 |
|                                               | 2                | 36                    | 100        |                      |
|                                               | 3                | 34                    | 94.4       |                      |
|                                               | 4                | 36                    | 100        |                      |
| <b>Kepenulisan(Symbol dan Rumus)</b>          | 5                | 33                    | 91.6       | 89.8                 |
|                                               | 6                | 31                    | 86.1       |                      |
|                                               | 7                | 33                    | 91.6       |                      |
| <b>Kebahasaan</b>                             | 8                | 35                    | 97.2       | 88.8                 |
|                                               | 9                | 29                    | 80.5       |                      |
|                                               | 10               | 32                    | 88.8       |                      |
| <b>Pengalaman Belajar</b>                     | 11               | 32                    | 88.8       | 88.2                 |
|                                               | 12               | 30                    | 83.3       |                      |
|                                               | 13               | 31                    | 86.1       |                      |
|                                               | 14               | 34                    | 94.4       |                      |
| <b>Berpikir Kritis</b>                        | 15               | 35                    | 97.2       | 93.9                 |
|                                               | 16               | 35                    | 97.2       |                      |
|                                               | 17               | 32                    | 88.8       |                      |
|                                               | 18               | 34                    | 94.4       |                      |
|                                               | 19               | 32                    | 88.8       |                      |
|                                               | 20               | 35                    | 97.2       |                      |
| <b>Integrasi Kearifan Lokal</b>               | 21               | 36                    | 100        | 99.1                 |
|                                               | 22               | 36                    | 100        |                      |
|                                               | 23               | 35                    | 97.2       |                      |
| <b>Pemanfaatan Aplikasi</b><br><i>Phyphox</i> | 24               | 32                    | 88.8       | 94.4                 |
|                                               | 25               | 36                    | 100        |                      |
| <b>Pemanfaatan Aplikasi</b><br><i>Gamelan</i> | 26               | 33                    | 91.6       | 94.4                 |
|                                               | 27               | 34                    | 94.4       |                      |
|                                               | 28               | 35                    | 97.2       |                      |

## Lampiran 20 LKPD Kelas Eksperimen

BERBASIS KEARIFAN LOKAL & APLIKASI PHYPHOX

✦ Kotak Informasi ✦



**Tahukah kamu?**

Kenong itu bentuknya seperti gong, bentuknya mirip tetapi ukurannya lebih imut. Oh ya, dalam gamelan Jawa itu ada dua jenis laras, yaitu pelog dan slendro. Kenong pelog dan kenong slendro punya perbedaan yang menarik, simak penjelasan berikut ini!

**Kenong Pelog:** Kenong pelog menggunakan tangga nada yang punya tujuh nada dalam satu oktaf, kenong pelog ini sering dipakai dalam gamelan yang mengiringi tarian atau pertunjukan wayang kulit.

**Kenong Slendro:** Kenong slendro menggunakan tangga nada yang punya lima nada dalam satu oktaf. Nada-nada tersebut biasanya dinotasikan dengan angka 1, 2, 3, 5, dan 6. Kenong slendro sering digunakan dalam gamelan yang mengiringi musik instrumental atau vokal.



Gambar 4. Kenong Pelog



Gambar 5. Kenong Slendro

Untuk mengetahui seberapa besar frekuensi yang dihasilkan gamelan sehingga bisa didengar oleh manusia, yuk kita lakukan percobaan berikut!

**C. Alat dan Bahan**

1. Aplikasi gamelan
2. Smartphone dengan aplikasi *phyphox*

**D. Langkah Kerja**

1. Buka aplikasi *phyphox* pada smartphone.
2. Pilih menu "audio autocorrelation" pada tampilan menu aplikasi *phyphox*.
3. Buka aplikasi gamelan pada smarthphone.
4. Pilih menu kenong dengan memvariasikan jenis laras pada aplikasi gamelan.
5. Rekam suara menggunakan aplikasi *phyphox*.
6. Amati frekuensi dan amplitudo yang dihasilkan.
7. Catat hasil yang diperoleh.
8. Ulangi langkah poin 3-7 untuk tangga nada yang berbeda.

LKPD GELOMBANG HINYE

224

### E. Data percobaan (15 menit)

#### 1. Kenong Slendro

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |        |        | Rata-rata Frekuensi $\bar{f}$ (Hz) | Periode (s) |      |      | Rata-rata Periode $\bar{P}$ (s) |
|-------------|----------------|--------|--------|------------------------------------|-------------|------|------|---------------------------------|
|             | 1              | 2      | 3      |                                    | 1           | 2    | 3    |                                 |
| 1           | 549,71         | 549,08 | 549,71 | 549,5                              | 1,82        | 1,82 | 1,82 | 1,82                            |
| 2           | 630,07         | 630,07 | 630,07 | 630,07                             | 1,59        | 1,59 | 1,59 | 1,59                            |
| 3           | 558,02         | 507,82 | 558,02 | 541,29                             | 1,19        | 1,97 | 1,79 | 1,85                            |
| 5           | 415,50         | 415,95 | 415,05 | 415,5                              | 2,41        | 2,40 | 2,41 | 2,40                            |
| 6           | 473,07         | 473,07 | 473,07 | 473,07                             | 2,11        | 2,11 | 2,11 | 2,11                            |

#### 2. Kenong Pelog

| Tangga Nada | Frekuensi (Hz) |        |        | Rata-rata Frekuensi $\bar{f}$ (Hz) | Periode (s) |      |      | Rata-rata Periode $\bar{P}$ (s) |
|-------------|----------------|--------|--------|------------------------------------|-------------|------|------|---------------------------------|
|             | 1              | 2      | 3      |                                    | 1           | 2    | 3    |                                 |
| 1           | 600,56         | 600,56 | 600,56 | 600,56                             | 1,67        | 1,67 | 1,67 | 1,67                            |
| 2           | 326,46         | 326,05 | 326,46 | 326,33                             | 3,06        | 3,07 | 3,06 | 3,06                            |
| 3           | 546,58         | 546,58 | 546,58 | 546,58                             | 1,83        | 1,83 | 1,83 | 1,83                            |
| 5           | 443,84         | 443,84 | 443,85 | 443,84                             | 2,25        | 2,25 | 2,25 | 2,25                            |
| 6           | 473,07         | 473,07 | 473,07 | 473,07                             | 2,11        | 2,11 | 2,11 | 2,11                            |
| 7           | 525,05         | 525,05 | 524,48 | 525,19                             | 1,90        | 1,90 | 1,91 | 1,90                            |

### F. Pertanyaan (10 menit)

1. Berdasarkan data percobaan, kenong manakah yang menghasilkan frekuensi lebih besar?

Jawab: Kenong pelog

Kenong pelog memiliki tujuh nada di satu oktaf

2. Jika ingin menghasilkan nada lebih tinggi, kenong manakah yang dipilih? Jelaskan!

Jawab: Kenong pelog

3. Analisislah perbedaan tingkatan nada pada kenong slendro dengan tingkatan nada 1 & 7 dengan frekuensi dan periode yang dihasilkan!

Jawab: berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, frekuensi yang dihasilkan pada tingkatan nada 1 lebih rendah daripada tingkatan nada 7. Sedangkan periode yang dihasilkan pada tingkatan nada 1 lebih besar daripada tingkatan pada nada 7

4. Hasil percobaan yang telah dilakukan dengan frekuensi yang dihasilkan, berapakah panjang gelombang dari tiga data yang diperoleh jika diketahui kecepatan bunyi sebesar 340 m/s.

Jawab:

$$D_1 = F_1 = 600,56$$

$$D_2 = \lambda \quad F_2 = 326,46$$

$$D_3 = \lambda \quad F_3 = 546,58$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$V = \lambda \cdot f$$

$$340 = \lambda \cdot 600,56$$

$$\lambda = \frac{340}{600,56} = 0,56 \text{ m}$$

$$V = \lambda \cdot f$$

$$340 = \lambda \cdot 326,46$$

$$\lambda = \frac{340}{326,46} = 1,04 \text{ m}$$

$$V = \lambda \cdot f$$

$$340 = \lambda \cdot 546,58$$

$$\lambda = \frac{340}{546,58} = 0,62 \text{ m}$$

5. Terdapat dua bonang dalam satu set gamelan memiliki frekuensi berturut-turut 440 Hz dan 880 Hz, Analisislah:

- A. Bonang mana yang menghasilkan nada lebih tinggi?  
B. Berapa perbandingan periode getaran kedua bonang tersebut?

Jawab: A. Bonang dengan frekuensi 880 Hz

B.  $V = \lambda \cdot f$

$D_1 = F_1 = 440 \text{ Hz}$   
 $D_2 = F_2 = 880 \text{ Hz}$

$$\lambda_1 = \frac{340}{440} = 0,772 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{340}{880} = 0,386 \text{ m}$$

$$T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{440} = 0,00227 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{880} = 0,00114 \text{ s}$$

#### G. Pembahasan (15 menit)

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, analisislah poin-poin dibawah ini secara 2 : 1 deskriptif dan didukung bentuk persamaan atau grafik jika diperlukan!

1. Karakteristik dari gelombang bunyi

Jawab: Gelombang bunyi terdapat frekuensi dimana frekuensi merupakan 2

1. Period  $\rightarrow$  waktu yang dibutuhkan untuk satu gelombang penuh

2. Cepat rambat  $\rightarrow$  seberapa cepat gelombang bunyi merambat melalui satu medium

Jawab: Semakin tinggi nada, semakin tinggi frekuensinya

3. Hubungan frekuensi & periode

Jawab: Semakin tinggi frekuensinya maka periodenya  
Semakin kecil  $P = \frac{1}{f}$

4. Hubungan panjang gelombang & frekuensi

Jawab: Semakin panjang gelombang maka semakin tinggi frekuensinya

## Lampiran 21 LKPD Kelas Kontrol

### KEGIATAN I KARAKTERISASI GELOMBANG BUNYI

#### KELompok:

1. Dinda Dhiyky Az-Zahra / 12
2. Kaiforo Abyzard / 19
3. M. Herdi Wildan / 22
4. Reyhan Perwira / 29

#### A. Tujuan

1. Untuk mengidentifikasi karakteristik pada gelombang bunyi.
2. Untuk mengetahui hubungan cepat rambat bunyi dengan frekuensi.

#### B. Dasar Teori



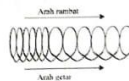
Sumber: istockphoto.com

Gambar 1. Ilustrasi Seseorang Mendengarkan Musik

Pernahkan kamu berfikir bagaimana suara musik bisa sampai terdengar di telinga kalian?

Ketika musik dimainkan, maka akan terjadi getaran. Getaran inilah yang menjadi sumber dari suara yang kita dengar. Getaran dari musik kemudian akan di transfer ke molekul-molekul udara di sekitarnya. Molekul-molekul udara ini, yang tadinya bergerak secara acak akan bergerak bersamaan dalam pola tertentu, menciptakan suatu gelombang yang dinamakan **Gelombang Bunyi**. Gelombang bunyi memiliki definisi gelombang mekanik yang berbentuk longitudinal dan merambat melalui medium tertentu. Gelombang bunyi berbentuk longitudinal karena arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya.

Saat merambat melalui suatu medium tertentu, gelombang bunyi memiliki pola yang terdiri dari rapatan dan renggangan. Jarak antara dua rapatan terdekat atau antara dua renggangan terdekat disebut **Panjang Gelombang**. Panjang gelombang disimbolkan dengan  $\lambda$  dengan satuan meter. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu gelombang penuh dikenal sebagai **Periode**. Satuan periode dinyatakan dalam satuan



Sumber: detik.com  
Gambar 2. Gelombang Longitudinal

waktu sekon (s) atau detik. Jika banyaknya getaran atau gelombang selama satu sekon disebut **Frekuensi**. Satuan frekuensi dinyatakan dalam Hz (Hertz).

Mengapa kamu bisa mendengarkan musik? Hal ini karena suara yang dihasilkan oleh musik memiliki frekuensi 20-20.000 Hz yang dapat didengar oleh manusia atau yang dikenal sebagai audiosonik, dibawah 20 Hz disebut infrasonik dan diatas 20.000 Hz disebut ultrasonik.

Secara umum, cepat rambat bunyi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan seberapa cepat gelombang bunyi merambat melalui suatu medium. Lebih tepatnya, cepat rambat bunyi adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang bunyi per satuan waktu. Kecepatan ini sangat bergantung pada medium yang dilaluinya. Medium dapat berupa cair, padat dan gas. Cepat rambat bunyi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$
$$v = \lambda \cdot f$$

dimana:

$v$  = Cepat rambat bunyi (m/s)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$T$  = Periode (s)

### C. Diskusi Kelompok

Untuk memahami karakteristik gelombang bunyi lebih mendalam, diskusikan dan kerjakan soal-soal berikut bersama kelompokmu!

1. Sebutkan contoh dari bunyi infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik yang dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari?

**Jawab:**

2. Soni dan sita ditugaskan untuk melakukan percobaan untuk mengukur cepat rambat bunyi di udara. Untuk itu, soni menjatuhkan sebuah kelereng dari ketinggian 50 meter. Pada saat soni menjatuhkan kelereng, sita menyalakan stopwatch dan memerhentikan stopwatch ketika ia mendengar bunyi kelereng menyentuh lantai. Jika hasil catatan waktu dari stopwatch 3,46 sekon, tentukan cepat rambat bunyi di udara pada tempat percobaan yang dilakukan soni dan sita!

**Jawab:**

3. Simaklah video berikut!



Berdasarkan materi yang telah dipelajari dan video tersebut, analisislah!

- a. Hubungan nada dan frekuensi
- b. Hubungan frekuensi dan periode
- c. Hubungan frekuensi dan panjang gelombang

**Jawab:**

#### D. Presentasi

Presentasikan hasil diskusi yang telah dilakukan. Peserta didik dapat menyampaikan identitas kelompok, bacakan hasil diskusi yang diperoleh.

##### 1. infrasonik

- a) Getaran gempa bumi
- b) Aktivitas Gunung berapi
- c) Suara Paus dan Gajah

##### audiosonik

- a) Suara orang
- b) Suara Ponsel
- c) Suara klakson

##### Ultra Sonik

- a) USG
- b) Suara kelelawar
- c) Suara Sonar kapal

$$\begin{aligned}
 2. \text{ t jatuh : } h &= \frac{1}{2} g t^2 \\
 50 &= \frac{1}{2} 10 t^2 \\
 50 &= 5 t^2 \\
 t^2 &= \frac{50}{5} \\
 t^2 &= 10 = \sqrt{10} = 3,16 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{bunyi}} &= t_{\text{total}} - t_{\text{jatuh}} \\
 &= 2,46 - 3,16 = 0,30 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{c}{t} = \frac{50}{0,30} = 166,67 \text{ m/s}$$

##### 3. A. Hubungan nada dan frekuensi

Nada adalah bunyi yang memiliki frekuensi tertentu dan teratur.

Dalam fisika, semakin tinggi frekuensi, maka semakin tinggi pula nadanya.

##### B. Hubungan frekuensi dan periode.

Frekuensi dan periode merupakan besaran yang saling berkebalikan erat.

Frekuensi menyatakan jumlah getaran / detik, sedangkan periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu getaran.

##### C. Hubungan frekuensi dan Panjang Gelombang

Frekuensi dan panjang gelombang berhubungan melalui persamaan

$$v = f \cdot \lambda$$

Frekuensi, dan  $\lambda$  panjang gelombang. Jika kecepatan gelombang

tetap, maka peningkatan frekuensi akan menyebabkan panjang gelombang menurun, begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu,

frekuensi dan panjang gelombang bersifat berbanding terbalik.

## Lampiran 22 Surat Riset



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km.1 Semarang  
E-mail: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id) Web: <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.3108/Un.10.8/K/SP.01.08/04/2025  
Lamp : Proposal Skripsi  
Hal : Permohonan Izin Riset

Semarang, 16 April 2025

Kepada Yth.  
Kepala Sekolah SMA Negeri 13 Semarang  
Jalan Rowo, Semanding, Wonolopo, Kec. Mijen  
Semarang, Jawa Tengah 50215  
di tempat

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Salsabila Nurul Afwa  
NIM : 2108066002  
Jurusan : PENDIDIKAN FISIKA  
Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi  
Semester : VIII (Delapan)

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut, Meminta ijin melaksanakan Riset di tempat Bapak / ibu pimpin, yang akan dilaksanakan 17-24 April 2025.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Muh. Kharis, SH, M.H  
NIP. 19691017 199403 1 002



Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo ( sebagai laporan )
2. Arsip

Cp Salsabila Nurul Afwa : 0878111321627

## Lampiran 23 Surat Telah Melaksanakan Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH  
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 13  
SEMARANG

Jalan Rowosemanding, Mijen, Kota Semarang Kode pos 50215 Telepon (024) 7711024  
Pos-el : kasekstma13@yahoo.com, Laman : <http://sma13sng.sch.id>



### SURAT KETERANGAN

Nomor : 070/265/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala SMA Negeri 13 Semarang menerangkan bahwa :

Nama : Salsabila Nurul Afwa  
NIM : 2108066002  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Pendidikan Fisika  
Universitas : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Yang bersangkutan telah melakukan penelitian di SMA Negeri 13 Semarang pada 17 s.d. 24 April 2025 dengan judul **"Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi"**.

Demikian surat keterangan ini buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Rusmiyanto, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19800812 199803 1 013

## Lampiran 24 Surat Pengesahan Seminar Proposal



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp.024-7601295 Fax.7615387

### PENGESAHAN

Naskah Proposal Skripsi berikut ini:

Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan  
Lokal Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan  
Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

Penulis : Salsabila Nurul Afwa

NIM : 2108066002

Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang *proposalskripsi* oleh Dewan Penguji  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai  
salah satu syarat melanjutkan penelitian.

Semarang, 03 Februari 2025

### DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Dr. Andi Fadlan, S.Si.M.Sc.  
NIP. 198009152005011006

Penguji II,

Sheilla Rully Anggita, M.Si.  
NIP. 199005052019032017

Penguji III,

Edi Daenuri Anwar, M.Si  
NIP. 197907262009121002

Penguji IV

Hartono, M.Sc.  
NIP. 199009242019031006

Pembimbing I,

Dr. Andi Fadlan, S.Si.M.Sc.  
NIP. 198009152005011006

Pembimbing II,

Sheilla Rully Anggita, M.Si.  
NIP. 199005052019032017

## Lampiran 25 Surat Penunjukan Dosen Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Hamka kampus II Ngaliyan Semarang, Telp. 024-76433366 Semarang 50185

Nomor : 9012/Un.10.8/J6/PP/00.9/12/2024

Semarang, 30 Desember 2024

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth.

1. Dr. Andi Fadlan, M.Sc. (NIP. 198009152005011006)
2. Sheilla Rully Anggita, M.Si. (NIP. 199005052019032017)

di Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di Program Studi Pendidikan Fisika, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa berikut,

Nama : Salsabila Nurul Afwa  
NIM : 2108066002  
Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

dan menunjuk Saudara,

1. Dr. Andi Fadlan, M.Sc. (NIP. 198009152005011006)  
sebagai Dosen Pembimbing 1,
2. Sheilla Rully Anggita, M.Si. (NIP. 199005052019032017)  
sebagai Dosen Pembimbing 2.

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan dan atas kerja sama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Dekan,  
Program Studi Pendidikan Fisika,

Maenuri Anwar, M.Si.  
NIP. 19790726 200912 1002

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo sebagai laporan,
2. Mahasiswa yang bersangkutan,
3. Arsip.

## Lampiran 26 Surat izin pra riset dan observasi



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km.1 Semarang

E-mail: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id) Web: <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.01/Un.10.8/K/SP.01.08/01/2025

Lamp : -

Hal : Permohonan Izin Observasi Pra Riset dan Wawancara

Kepada Yth.

Kepala Sekolah SMA Negeri 13 Semarang

Jalan Rowo, Semanding, Wonolopo, Mijen, Semarang  
di tempat

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka memenuhi tugas akhir Fakultas Sains dan Teknologi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : **Salsabila Nurul Afwa**

NIM : 2108066002

Jurusan : PENDIDIKAN FISIKA

Semester : VIII (Delapan)

Untuk melaksanakan observasi di Sekolah yang Bapak/Ibu pimpin , Maka kami mohon berkenan diijinkan mahasiswa dimaksud , yang akan dilaksanakan pada 6 Januari 2024.

Data Observasi tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis) bagi mahasiswa kami.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Semarang, 2 Januari 2025

Dekan,  
Kabag. Tata Usaha,

Khairis, SH, M.H

NIP. 19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo ( sebagai laporan )

2. Arsip

ap : 087811131627

## Lampiran 27 Surat telah melaksanakan pra riset dan observasi



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH  
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 13  
SEMARANG

Jalan Rowosemanding, Mijen, Kota Semarang Kode pos 50215 Telepon : (024) 7711024  
Pew-el : kaseksma13@yahoo.com, Laman : <http://sma13smg.sch.id>



### SURAT KETERANGAN

Nomor : 070/252/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala SMA Negeri 13 Semarang menerangkan bahwa :

Nama : Salsabila Nurul Afwa  
NIM : 2108066002  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Pendidikan Fisika  
Universitas : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Yang bersangkutan telah melakukan observasi Pra Riset dan Wawancara di SMA Negeri 13 Semarang pada tanggal 6 Januari 2025.

Demikian surat keterangan ini buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



## Lampiran 28 Surat Penunjukan Dosen Validator



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185  
E-mail: [ist@walisongo.ac.id](mailto:ist@walisongo.ac.id) Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.2282/Un.10.8/D/SP.01.06/03/2025  
Lamp : -  
Hal : Permohonan Validasi Instrumen

Kepada Yth.

1. Agus Sudarmanto, M. Si.  
Dosen Validator Ahli Materi dan Media  
(Dosen FISIKA FST UIN Walisongo)
2. Muhammad Izzatul Faqih, M. Pd.  
Dosen Validator Ahli Materi dan Media  
(Dosen PENDIDIKAN FISIKA FST UIN Walisongo)
3. Dr. Joko Budi Poernomo, M. Pd.  
Dosen Validator Ahli Materi dan Media  
(Dosen PENDIDIKAN FISIKA FST UIN Walisongo)  
(Dosen FST UIN Walisongo)  
di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara menjadi validator ahli instrumen untuk penelitian skripsi:

Nama : Salsabila Nurul Afwa  
NIM : 2108066002  
Program Studi : PENDIDIKAN FISIKA  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Walisongo  
Judul : Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Phyphox Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi

Demikian atas perhatian dan berkenannya menjadi validator ahli instrument kami ucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Semarang, 7 Maret 2025  
an. Dekan,  
Kabag. Tata Usaha,

Muh. Kharis, SH, M.H  
NIP. 19691017 199403 1 002

## Lampiran 29 Dokumentasi

### Wawancara dengan guru fisika



### Uji coba soal



## *Pre Test* Kelas Eksperimen



Pengerjaan LKPD berbantuan aplikasi *phyphox*



Presentasi Kelas Eksperimen



## *Pre Test* Kelas Kontrol





## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

### **A. Identitas Diri**

1. Nama Lengkap : Salsabila Nurul Afwa
2. Tempat, Tanggal Lahir : Pati, 6 November 2003
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Alamat : Pangkalan  
RT.02/RW.01,  
Kecamatan Margoyoso,  
Kabupaten Pati.
5. Nomor Telepon : 087811131627
6. E-mail : salfaafwa06@gmail.com

### **B. Riwayat Pendidikan**

1. Pendidikan Formal
  - a. MI Miftahul Huda
  - b. MTs Al-Hikmah Kajen
  - c. MA Al-Hikmah Kajen
2. Pendidikan Non Formal
  - a. Ma'had Al-Jami'ah Walisongo
  - b. Ma'had Ulil Albab Lil Banat