



**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR GELOMBANG
BERBANTUAN MEDIA INTERAKTIF UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN
MASALAH DAN *PERFORMANCE* SISWA**

TESIS

**diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Pendidikan**

**Oleh
Muh. Syukri Ahsani
0403515014**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis dengan judul “**Pengembangan Bahan Ajar Gelombang Berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Performance Siswa**” karya,

Nama : Muh. Syukri Ahsani

NIM : 0403515014

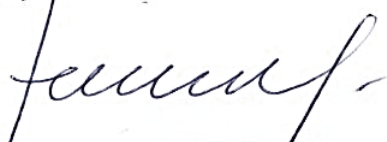
Program Studi : Pendidikan Fisika, S2

Telah dipertahankan dalam Sidang Panitia Ujian Tesis Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang pada hari Kamis tanggal 31 Januari 2019.

Semarang, 31 Januari 2019

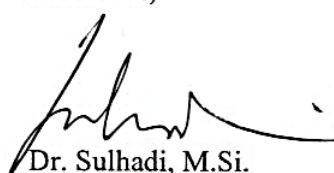
Panitia Ujian

Ketua,



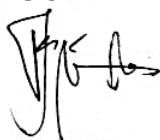
Prof. Dr. Tri Joko Raharjo, M.Pd.
NIP. 195903011985111001

Sekretaris,



Dr. Sulhadi, M.Si.
NIP. 197108161998021001

Penguji I,



Dr. Siti Wahyuni, S.Pd., M.Sc.
NIP. 198204072005012001

Penguji II,



Prof. Dr. Sarwi, M.Si.
NIP. 196208091987031001

Penguji III,



Dr. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 196607051990031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya,

nama : Muh. Syukri Ahsani

nim : 0403515014

program studi : Pendidikan Fisika

menyatakan bahwa yang tertulis dalam tesis yang berjudul “Pengembangan Bahan Ajar Gelombang Berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan *Performance* Siswa” ini benar-benar karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam tesis ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini saya **secara pribadi** siap menanggung resiko/sanksi hukum yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang, 31 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Muh. Syukri Ahsani

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Demi masa. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasehat-menasehati supaya menaati kebenaran dan dan nasehat-menasehati supaya menetapi kesabaran” (Q.S. Al-Ashr : 1-3)

PERSEMBAHAN:

Karya ini saya persembahkan kepada:

- 1. Orang tua bapak dan ibu tercinta, terima kasih atas segala cinta, do'a, dan pengorbanan yang tiada henti,*
- 2. Istri tercinta, terimakasih atas segala dukungan dan menjadi teman bertukar pikiran selama proses penulisan tesis ini*

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmatnya berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Bahan Ajar Gelombang Berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan *Performance* Siswa”. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar magister pendidikan pada program studi Magister Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Semarang

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu peneliti menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih peneliti disampaikan kepada para pembimbing Dr. Agus Yulianto, M.Si dan Prof. Dr. Sarwi, M.Si.

Ucapan terima kasih kami disampaikan juga kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyelesaian studi diantaranya:

1. Direksi Pascasarjana Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan serta arahan selama pendidikan, penelitian, dan penulisan tesis
2. Ketua program studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan dan arahan dalam penulisan tesis ini.

3. Bapak dan Ibu dosen pascasarjana Universitas Negeri Semarang yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu kepada peneliti selama menempuh pendidikan.
4. Istri yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam penulisan tesis.
5. Kepala Sekolah SMA Negeri 5 Semarang yang telah memberikan motivasi kepada peneliti untuk senantiasa mengembangkan diri.
6. Guru dan siswa SMA Negeri 5 Semarang yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

Dengan segala kerendahan hati kami menyadari bahwa dalam tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan merupakan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Muh. Syukri Ahsani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB	
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Cakupan Masalah	6
1.4. Rumusan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Manfaat Penelitian	7
1.7. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	7
1.8. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	8
II. KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORITIS	
2.1. Kajian Pustaka	9
2.2. Kerangka Teoritis	14
2.3. Materi Fisika Gelombang Bunyi	22
2.4. Kerangka Berpikir	34
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Desain Penelitian	35

3.2. Prosedur Penelitian	36
3.3. Sumber Data dan Subjek Penelitian	41
3.4. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	42
3.5. Uji Keabsahan Data, Uji Validitas, dan Reliabilitas	42
3.6. Teknik Analisis Data	43
IV. HASIL PENELITIAN DAN BAHASAN	
4.1 Deskripsi Awal Bahan Ajar di Sekolah	47
4.2 Hasil Pengembangan Bahan Ajar	48
4.3 Hasil Validasi oleh Ahli Media	52
4.4 Hasil Validasi oleh Ahli Materi	53
4.5 Hasil Keterampilan Pemecahan Masalah	54
4.6 Hasil <i>Performance</i> siswa	57
4.7 Pembahasan	62
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Materi fisika yang sulit	5
4.1 Hasil validasi bahan ajar oleh ahli media.....	52
4.2 Hasil validasi bahan ajar oleh ahli materi	53
4.3 Skor rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa	54
4.4 Nilai Rata-rata Kemampuan Pemecahan Masalah pada tiap Kelompok	55
4.5 Nilai <i>performance</i> siswa	58
4.6 Nilai Performance siswa pada tiap aspek	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pola gelombang pada dawai dengan ujung terikat	23
2.2 Pipa organa terbuka	25
2.3 Pipa organa tertutup	27
2.4 Superposisi gelombang	31
2.5 Efek doppler	33
2.6 Kerangka berpikir	34
3.1 Desain Penelitian <i>Pre-test and Post-test Control Group</i>	35
4.1 Sampul bahan ajar	49
4.2 Contoh video dalam bahan ajar	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Daftar Siswa Kelas Eksperimen dan Kontrol	76
2 Silabus dan RPP	78
3 Bahan Ajar Gelombang Bunyi	86
4 Petunjuk Praktikum Siswa	119
5 Lembar Validasi	122
6 Angket Awal Bahan Ajar	140
7 Instrumen Kemampuan Pemecahan Masalah	147
8 Instrumen <i>Performance</i> siswa	157
9 Surat-surat	163

ABSTRAK

Ahsani, Muh Syukri. 2019. "Pengembangan Bahan Ajar Gelombang Berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan *Performance* Siswa". *Tesis*. Program Studi Pendidikan Fisika. Pascasarjana. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I Dr. Agus Yulianto, M.Si., Pembimbing II Prof. Dr. Sarwi, M.Si.

Kata kunci : bahan ajar, pemecahan masalah, performance siswa

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan *performance* siswa. Bahan ajar dibuat berbantuan media interaktif dengan materi pokok gelombang bunyi mata pelajaran fisika untuk kelas XII. Penelitian ini merupakan penelitian R & D dengan desain menurut Borg meliputi: analisis kebutuhan, perencanaan dan pengembangan produk, pengembangan produk, evaluasi produk, dan produk akhir. Bahan ajar yang dikembangkan telah diimplementasikan pada 64 siswa kelas XII SMA Negeri 5 Semarang. Pengumpulan data dilakukan dengan pemberian lembar validasi bahan ajar kepada guru senior. Data kemampuan pemecahan masalah siswa diperoleh dari hasil pretes dan postes sedangkan *performance* siswa dilihat dari observasi kegiatan praktikum di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar hasil pengembangan dinyatakan layak berdasarkan penilaian ahli. Implementasi bahan ajar dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi terbukti mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. *Performance* siswa dalam kegiatan praktikum di laboratorium juga meningkat.

ABSTRACT

Ahsani, Muh Syukri. 2019. "Development of Wave Learning Materials Assisted by Interactive Media to Improve Student's Problem Solving and Performance". Thesis. Physics Education Study Program. Graduate Program. Universitas Negeri Semarang. Advisor I Dr. Agus Yulianto, M.Si., Advisor II Prof. Dr. Sarwi, M.Si.

Keywords: teaching materials, problem solving, student performance

This study aims to produce teaching materials that can be used to improve problem solving skills and student performance. Teaching materials are made assisted by interactive media with the subject matter of sound waves physics subjects for class XII. This research is a R & D study with design according to Borg including: needs analysis, product planning and development, product development, product evaluation, and final product. Teaching materials developed have been implemented in 64 students of class XII Semarang 5 SMA. Data collection was done by giving teaching material validation sheets to senior teachers. Data on students problem solving abilities are obtained from the results of the pretest and posttest while the student's performance is seen from the observation of practical activities in the laboratory. The results of the study showed that the teaching materials of the development results was declared feasible based on expert judgment. The implementation of teaching materials in physics learning in sound wave material is proven to be able to improve student's problem solving abilities. Student performance in laboratory activities also increased.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Fisika pada tingkat SMA/MA merupakan salah satu cabang IPA yang diajarkan sebagai suatu mata pelajaran tersendiri. Salah satu kompetensi inti fisika SMA adalah memahami, menerapkan, menjelaskan pengetahuan, serta menerapkan pengetahuan pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan minat bakatnya untuk memecahkan masalah. Kompetensi ini tercantum pada Permendikbud No 69 tahun 2013. Siswa diharapkan memiliki kemampuan memahami konsep fisika dengan baik. Kemampuan dalam memahami konsep fisika dapat membantu siswa dalam memecahkan masalah.

Melalui pembelajaran fisika, siswa diharapkan dapat menerapkan pengetahuan yang dimilikinya untuk memecahkan masalah pada dunia nyata (Hedge & Meera, 2012). Salah satu tujuan pembelajaran fisika adalah penguasaan konsep yang baik agar siswa mampu menggunakan pengetahuan yang dimilikinya untuk memecahkan masalah yang lebih kompleks. Kemampuan pemecahan masalah adalah elemen penting dari pembelajaran fisika, oleh karena itu pada proses pembelajaran, guru perlu melatih kemampuan pemecahan masalah agar siswa dapat menjadi generasi yang siap menghadapi masalah nyata dan kompleks dalam kehidupan sehari-hari.

Kemampuan memecahkan masalah merupakan salah satu kemampuan berpikir tingkat tinggi. Kemampuan berpikir tingkat tinggi (*High Order Thinking*

Skill) merupakan kemampuan menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan memecahkan masalah pada situasi baru (Heong & Othman, 2011). Urutan aspek kemampuan kognitif menurut taksonomi Bloom meliputi mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta (Gunawan & Palupi, 2016). Urutan aspek-aspek kemampuan kognitif taksonomi Bloom menunjukkan profil tingkat kemampuan berpikir siswa (Rofiah dkk, 2013). Siswa yang memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik berarti memiliki pemahaman konsep yang baik, namun siswa yang memiliki pemahaman konsep yang baik belum tentu memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik.

Kohl dkk (2007) menyimpulkan bahwa keberhasilan siswa dalam memecahkan masalah-masalah Fisika dipengaruhi oleh format representasi masalah-masalah itu. Representasi dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain verbal, gambar, grafik, dan matematik (Fatmaryanti & Sarwanto, 2015). Dalam mengungkapkan kemampuan pemecahan masalah siswa, dapat dilakukan dengan soal tes pemahaman konsep yang menunjukkan representasinya. Bagi siswa yang paham suatu konsep tidak akan mendapat kesulitan untuk menyatakan pemahamannya dalam bermacam bentuk representasi. Memecahkan masalah perlu memiliki pemahaman dan pengetahuan yang memadai, serta memiliki berbagai macam strategi yang dapat dipilih ketika menghadapi masalah yang berbeda (Zevenbergen dkk, 2004).

Sebuah konsep dapat dijelaskan secara verbal yaitu dengan teks atau kalimat yang dapat menjelaskan konsep sehingga sebuah konsep dapat dipahami dan dikuasai oleh siswa. Selain gambar dan persamaan matematis, hubungan antar variabel fisis juga dapat dijelaskan dengan sebuah grafik (Murtono & Dadi, 2014). Ghufron dkk (2014) mengemukakan bahwa masing-masing individu memiliki ciri khas, tidak ada dua individu yang sama. Perbedaan juga terjadi pada gaya belajar tiap individu. Ada individu yang lebih sesuai dengan gaya belajar tertentu dan ada individu yang tidak sesuai dengan gaya belajar tertentu. Setiap siswa juga memiliki karakteristik belajar yang berbeda-beda, untuk memfasilitasi seluruh karakteristik belajar siswa tersebut dibutuhkan bahan ajar yang dapat membelajarkan siswa secara mandiri (Suparman, 2014).

Gaya belajar memiliki hubungan dengan hasil belajar siswa. Pernyataan ini didapatkan dan diperkuat oleh hasil penelitian Taqwa & Astalini (2015) yang meneliti tentang hubungan gaya belajar VAK (Visual, Auditori and Kinestetik) dengan hasil belajar siswa pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar kelas XI IPA SMAN se-kota Jambi. Hasil penelitian menyatakan bahwa terdapat hubungan antara gaya belajar visual, audio, dan kinestetik dengan prestasi belajar siswa. Bahan ajar yang sesuai dengan gaya belajar akan meningkatkan minat siswa sehingga hasil belajar akan meningkat.

Minat baca siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini diketahui dari persentase peserta didik yang mengunjungi perpustakaan sekolah maupun perpustakaan daerah. Ada berbagai faktor yang menyebabkan rendahnya minat baca anak Indonesia seperti yang dikemukakan oleh Hentasmaka (2011) salah

satu di antaranya adalah kurang tersedianya buku–buku yang berkualitas dengan harga yang terjangkau dan distribusi yang kurang merata pada setiap daerah. Buku sangat penting dalam menunjang kegiatan pembelajaran, karena buku merupakan salah satu sumber belajar utama siswa yang ada saat ini.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mengubah pola belajar siswa. Siswa pada zaman dahulu menggunakan buku sebagai sumber belajar utama, namun seiring dengan kemajuan zaman mulailah dikembangkan pemanfaatan hasil perkembangan teknologi dalam dunia pendidikan. Salah satu pemanfaatan dari perkembangan teknologi adalah penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika, yang terbukti membuat siswa memiliki keterampilan berpikir dalam menyelesaikan masalah, proses pembelajaran fisika menjadi lebih efektif, dan menjadikan siswa aktif dan membangkitkan motivasi siswa untuk belajar (Sari dkk, 2015).

Pembelajaran fisika di kelas perlu didukung dengan kegiatan laboratorium dalam rangka penguatan konsep dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan laboratorium melatih *performance* siswa agar mampu menerapkan konsep yang telah dipelajari dalam kehidupan nyata (Supramono, 2013). Siswa belum memahami sepenuhnya langkah kerja yang harus dilakukan ketika sudah berada di dalam laboratorium karena belum terbiasa melakukan kegiatan praktikum. Hayatun dkk (2017) menyatakan bahwa kemampuan awal siswa dalam kegiatan di laboratorium masih rendah. Selain itu, keterbatasan alat memang menjadi kendala, namun dapat diatasi dengan kreativitas guru di sekolah.

Pada penelitian ini dipilih materi gelombang bunyi atas dasar hasil angket yang diberikan kepada 54 siswa SMA kelas XII di kota Semarang tentang materi fisika yang sulit menurut mereka. Hasil angket materi fisika yang sulit disajikan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Materi Fisika yang sulit menurut siswa

No	Materi fisika	Jumlah siswa yang memilih
1	Gelombang	17
2	Fluida	14
3	Listrik	7
4	Optika	6
5	Gerak Lurus dan Melingkar	4
6	Kalor	3
7	Teori kinetik gas	2
8	Usaha dan Energi	1

Berdasarkan Tabel 1.1 terlihat bahwa materi gelombang paling banyak dipilih oleh siswa sebagai materi yang paling sulit, dengan berbagai alasan salah satunya adalah materi gelombang memiliki banyak sub pokok bahasan, banyak persamaan yang harus dihafalkan, serta banyak soal berupa grafik.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud akan melakukan penelitian tentang “Pengembangan Bahan Ajar Gelombang Berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan *Performance* Siswa”.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, permasalahan pada penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) Bahan ajar perlu disesuaikan dengan kebutuhan siswa dengan memanfaatkan perkembangan teknologi terbaru.
- 2) Aspek kemampuan pemecahan masalah merupakan hal penting dalam pembelajaran fisika.
- 3) Kemampuan unjuk kerja siswa dalam kegiatan praktikum di laboratorium masih rendah.

1.3. Cakupan Masalah

Penelitian ini mengembangkan bahan ajar untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan *performance* siswa mata pelajaran fisika kelas XII materi gelombang bunyi.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana tingkat kelayakan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif yang dikembangkan dalam penelitian ini?
- 2) Bagaimana peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa setelah menggunakan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif?
- 4) Bagaimana peningkatan *performance* siswa setelah menggunakan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

- 1) Menghasilkan bahan ajar materi gelombang bunyi berbantuan media interaktif yang layak digunakan dalam pembelajaran fisika.

- 2) Mengetahui peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa setelah menggunakan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif.
- 3) Mengetahui peningkatan *performance* siswa setelah menggunakan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi siswa, guru dan sekolah. Adapun manfaat penelitian ini, yaitu:

Bagi Siswa

- a) Bahan ajar diharapkan dapat membuat siswa mampu mengerjakan soal-soal yang membutuhkan proses berpikir tingkat tinggi (pemecahan masalah).
- b) Melatih siswa agar terbiasa melakukan unjuk kerja di laboratorium.

Bagi Guru

- a) Sebagai bahan ajar alternatif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan *performance* pada siswa.

Bagi Sekolah

- a) Dapat memberikan masukan yang positif dalam rangka perbaikan dalam meningkatkan prestasi siswa.

1.7. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan berupa bahan ajar fisika berbantuan media interaktif materi gelombang bunyi untuk siswa SMA. Bahan ajar berupa file PDF yang dapat dibuka menggunakan *smartphone* dan dapat pula dicetak menjadi sebuah buku. Bahan ajar ini memanfaatkan aplikasi *freeware* di google playstore yang dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran fisika materi gelombang bunyi.

1.8. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Pengembangan bahan ajar bunyi berbantuan media interaktif dalam penelitian ini masih terbatas dalam aspek pengembangan kemampuan pemecahan masalah dan *performance* siswa.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka pada penelitian ini berisi tentang hasil-hasil penelitian yang berkaitan dengan penggunaan bahan ajar, kemampuan pemecahan masalah, dan *performance* siswa. Penggunaan bahan ajar dengan memanfaatkan media teknologi menjadikan lebih menarik dan interaktif untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. Hal ini merujuk pada pendapat tentang media pengajaran menurut Sudjana & Rivai (2010) bahwa media berfungsi membuat pengajaran lebih menarik siswa sehingga media diharapkan dapat menumbuhkan motivasi belajar, memperjelas makna bahan pengajaran, metode pengajaran lebih bervariasi dan siswa dapat melakukan kegiatan belajar lebih banyak. Menurut Gagne, media adalah berbagai jenis komponen dalam lingkungan siswa yang dapat memberikan rangsangan untuk belajar.

Penelitian tentang pengembangan bahan ajar yang pernah dilakukan peneliti sebelumnya contohnya penelitian yang dilakukan oleh Budiningsih dkk (2015), Jannah & Nursuyono (2016), dan Dewi dkk (2013). Ketiga peneliti tersebut menyatakan bahan ajar interaktif mendapatkan respon positif dari siswa. Siswa belajar tidak hanya dari buku namun juga menggunakan media lain dari hasil perkembangan teknologi terbaru yang dapat membuat siswa lebih tertarik dan mudah memahami materi yang diajarkan. Penelitian pengembangan bahan ajar banyak dilakukan oleh para peneliti karena pada dasarnya pengembangan bahan

ajar didasarkan pada analisis kebutuhan bahan ajar di tiap sekolah yang berbeda (Isnarto dkk, 2017). Kebutuhan bahan ajar bergantung pada materi yang diajarkan, sarana prasarana yang tersedia, dan tipe gaya belajar siswa.

Penelitian yang berkaitan dengan pengembangan media pembelajaran seperti animas, web, dan simulasi juga telah banyak dilakukan. Affandi & Wibawanto (2015), Amirullah dkk (2015), dan Anjarsari dkk (2016) telah melakukan penelitian pengembangan bahan ajar animasi interaktif sebagai alat bantu dalam pembelajaran. Penelitian ini menghasilkan media animasi yang layak digunakan sebaga media ajar namun memiliki kelemahan membutuhkan komputer dengan spesifikasi yang tinggi. Membuat media animasi bukan hal yang sederhana karena membutuhkan keahlian dan waktu yang lebih lama dibandingkan sekadar membuat media presentasi *power point*.

Penelitian pengembangan media pembelajaran menggunakan adobe flash telah dilakukakan oleh Gere dkk (2014) dan Hutomo (2015). Kedua penelitian ini menghasilkan animasi yang layak sebagai media belajar siswa dan dapat dibuka menggunakan sebuah perangkat PC. Penggunaan media pembelajaran yang dibuka menggunakan perangkat OS Windows dengan laptop atau PC menjadikan media pembelajaran tidak praktis lagi seiring perkembangan perangkat yang lebih *mobile* berupa tablet dan smartphone. Mayoritas siswa SMA saat ini juga sudah menggunakan smartphone terbaru dengan spesifikasi yang mumpuni sebagai media untuk belajar.

Penelitian pengembangan media lainnya dilakukan oleh Nugraha dkk (2017) dan Setyadi & Qohar (2017) yang membuat website sebagai bahan ajar

pembelajaran fisika. Website memiliki kelemahan dalam hal tampilan di layar yang berbeda ketika dibuka menggunakan perangkat laptop dan dengan *smartphone*. Tampilan terbaik *website* adalah ketika dibuka menggunakan perangkat laptop yang berlayar lebar dengan rasio 16:9 dengan resolusi layar 1366 x 768 pixels.

Selain *website*, terdapat penelitian lainnya yang mengembangkan aplikasi android untuk pembelajaran fisika yang dilakukan oleh Pujayanto dkk (2016) dan Mubasir dkk (2018). Pujayanto dkk (2016) yang melakukan penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis android dengan aplikasi berformat apk memiliki kelemahan hanya dapat dibuka menggunakan perangkat android. Media *website* paling baik dibuka menggunakan perangkat PC sedangkan media pembelajaran aplikasi android (apk) hanya bisa dibuka melalui perangkat android, maka dibutuhkan sebuah media pembelajaran yang dapat dibuka melalui PC maupun perangkat Android. Salah satu syarat media yang baik yaitu memiliki kompatibilitas yang tinggi, mendukung untuk dibuka melalui berbagai macam perangkat.

Hasil penelitian pengembangan media lainnya yang dilakukan oleh Akcayir dkk (2016) yang menyatakan bahwa teknologi *augmented reality* AR membantu mahasiswa untuk membangun sikap positif terhadap laboratorium fisika. Hasil eksperimen mengungkapkan bahwa teknologi AR secara signifikan meningkatkan kemampuan kinerja mahasiswa di laboratorium. Teknologi AR dalam pengembangannya membutuhkan ahli di bidangnya serta peralatan yang dibutuhkan juga tidak murah.

Pengembangan bahan ajar dan media pembelajaran memiliki banyak tujuan. Tujuan pengembangan bahan ajar diantaranya untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan *performance* siswa dalam proses pembelajaran. Berkaitan dengan kemampuan pemecahan masalah, hasil penelitian Effendi (2012) menyatakan bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa diantaranya dipengaruhi oleh faktor penggunaan media dan metode pembelajaran yang digunakan. Penelitian pemecahan masalah dengan metode pembelajaran PBL oleh Purnomo & Mawarsari (2014) memberikan hasil bahwa menggunakan model pembelajaran IDEAL *problem solving* berbasis PBL dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Metode PBL memberikan kesempatan lebih banyak kepada siswa untuk menyelesaikan persoalan berbentuk pemecahan masalah dan aplikasi materi dalam kehidupan sehari-hari. Selain PBL metode pembelajaran lain untuk meningkatkan kemampuan masalah siswa dengan metode *problem posing* yang melatih siswa untuk mengajukan sendiri pertanyaan dan menyelesaikan sendiri masalah tersebut (Supramono, 2013).

Beberapa penelitian yang bertujuan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dihubungkan dengan penggunaan bahan ajar tertentu. Suarsana (2013) melakukan penelitian peningkatan kemampuan pemecahan masalah dengan media interaktif moodle. Namun untuk saat ini penggunaan moodle dengan tampilan yang sederhana kurang populer sebagai media pembelajaran. Perkembangan teknologi smartphone terkini membuat siswa lebih nyaman menggunakannya dalam berbagai hal termasuk sebagai media pembelajaran (Daeng, 2017) .

Dalam aspek kemampuan pemecahan masalah, Juanda dkk (2014) mengungkapkan bahwa aspek kemampuan matematis adalah aspek yang paling rendah dan perlu ditingkatkan. Senada dengan penelitian Ulya (2016) yang menyatakan bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa tidak dapat dilakukan dengan instan namun perlu proses yang sistematis dan berkaitan dengan mata pelajaran yang lain.

Pembelajaran fisika di lingkup SMA tidak lepas dari kegiatan praktikum di laboratorium. Hayatun dkk (2017) dalam penelitiannya tentang kondisi awal kemampuan laboratorium siswa SMA menyatakan bahwa kemampuan kinerja siswa di laboratorium masih rendah dan perlu ditingkatkan meliputi dalam hal pengenalan nama alat serta prosedur praktikum. Kemampuan kinerja/*performance* siswa dalam kegiatan laboratorium salah satunya dapat ditingkatkan dengan penggunaan bahan ajar. Penelitian yang dilakukan oleh Akcayir dkk (2016) yang menyatakan bahwa teknologi *augmented reality* AR membantu siswa untuk membangun sikap positif terhadap laboratorium fisika. Hasil eksperimen mengungkapkan bahwa teknologi AR secara signifikan meningkatkan kemampuan kinerja siswa di laboratorium, namun teknologi AR dalam pengembangannya membutuhkan ahli di bidangnya serta peralatan yang dibutuhkan juga tidak murah harganya. Hal ini sesuai dengan penelitian Saregar dkk (2013) yang menyatakan kinerja siswa dapat ditingkatkan dengan penggunaan multimedia dalam pembelajaran. Selain itu, untuk meningkatkan kinerja siswa juga dapat dilakukan dengan metode pembelajaran *reciprocal teaching* (Bahri, 2016).

Hasil penelitian-penelitian relevan yang telah dipaparkan akan menjadi dasar pada penelitian ini. Penelitian ini mengembangkan bahan ajar materi gelombang bunyi dengan bantuan media interaktif yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan meningkatkan *performance* (kinerja) siswa.

2.2 Kerangka Teoritis

2.2.1 Bahan Ajar

Pada proses pembelajaran di sekolah terdapat komponen-komponen pengajaran yang harus diperhatikan. Menurut Sudjana (2012) terdapat empat komponen utama yang harus dipenuhi dalam proses pembelajaran, yaitu tujuan, bahan, metode dan alat, serta penilaian. Salah satu komponen yang penting dalam proses pembelajaran adalah bahan ajar. Bahan ajar akan memberi warna dan bentuk dari kegiatan pembelajaran (Rifai & Anni, 2009).

Bahan ajar dapat digunakan untuk membantu guru dalam menyampaikan materi pembelajaran, sehingga guru tidak perlu terlalu banyak menyajikan materi di kelas. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan, informasi, alat dan teks yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan ajar yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun tidak tertulis. Bahan ajar disusun sedemikian rupa agar dapat menunjang tercapainya tujuan pembelajaran (Sudjana, 2012). Menurut Depdiknas (2006) bahan ajar secara garis besar terdiri dari pengetahuan (fakta, konsep, prinsip, prosedur), keterampilan, dan sikap yang harus dipelajari siswa dalam rangka mencapai standar kompetensi yang telah ditentukan.

Ada beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam penyusunan bahan ajar. Prinsip tersebut meliputi prinsip relevansi, prinsip konsistensi, prinsip kecukupan, dan prinsip kesesuaian materi (Depdiknas, 2006). Prinsip relevansi yaitu keterkaitan atau tidaknya hubungan antara materi dengan standar kompetensi dan kompetensi dasar. Prinsip konsistensi atau keajegan yaitu bahan ajar harus berisikan/melatihkan empat keterampilan dan secara konsisten merujuk pada kompetensi-kompetensi dan indikator-indikator yang telah ditetapkan. Prinsip kecukupan atau memadai berkaitan dengan banyak atau sedikitnya materi yang diberikan disesuaikan dengan waktu dan kompetensi yang harus dicapai.

Bahan ajar yang baik harus mampu menyampaikan pesan dengan baik, sehingga pembaca memahami isi dari bahan ajar tersebut secara utuh. Menurut Pannen & Purwanto (2011), bahan ajar yang baik adalah bahan ajar yang ditulis dan dirancang sesuai dengan prinsip-prinsip instruksional. Selaras dengan hal tersebut, Steffan–Peter Ballstaedt yang dikutip dalam Depdiknas (2006) menyatakan bahwa bahan ajar yang baik harus memperhatikan beberapa hal, antara lain: susunan tampilan, artinya bahan ajar harus memiliki urutan yang mudah, judul ditulis secara singkat, terdapat daftar isi, struktur kognitifnya jelas, rangkuman, dan tugas pembaca.

Bahan ajar yang baik harus memiliki bahasa yang mudah dipahami, yaitu mengalirnya kosakata, jelasnya kalimat, jelasnya hubungan kalimat, dan kalimat tidak terlalu panjang. Selain itu, bahan ajar harus dapat menguji pemahaman pembaca, yaitu *check list* untuk pemahaman tentang materi yang dipaparkan pada bahan ajar. Bahan ajar bersifat stimulan, yaitu tulisan mendorong pembaca untuk

berfikir, menguji stimulan, dan enak untuk dilihat. Aspek kemudahan dibaca, yaitu huruf yang digunakan tidak terlalu kecil dan enak dibaca, urutan teks terstruktur dan mudah dibaca. Selain itu, dalam bahan ajar harus memuat materi instruksional, yaitu terdiri dari pemilihan teks, bahan kajian dan lembar kerja.

Bahan ajar dibuat agar dapat memberikan kemudahan bagi guru dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan belajar mengajar sehingga kompetensi yang diinginkan dalam pembelajaran mudah dicapai oleh siswa. Oleh karena itu, dalam pembuatannya harus memperhatikan tingkatan usia siswa supaya ketertarikan siswa dalam menggunakan bahan ajar tersebut bertambah.

Teori perkembangan kognitif Piaget menyatakan bahwa anak usia sekolah dasar termasuk tahap operasional konkrit, berpikir mekanistik dan taraf usia bermain. Tahap operasional konkrit artinya siswa sekolah dasar akan lebih mudah belajar menggunakan benda nyata daripada informasi berupa teks. Proses berpikir siswa sekolah dasar merupakan tingkat perkembangan proses berpikir mekanistik artinya anak berpikir dengan cara mengingat dan menghafal menuju cara berpikir logis/pemahaman. Anak usia sekolah menengah atas berada pada taraf usia simbolik, artinya siswa sekolah menengah atas seharusnya mampu berfikir abstrak dan mampu menyelesaikan permasalahan melalui simbol-simbol matematis. (Depdiknas, 2008).

2.2.2 Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah adalah kemampuan seseorang untuk menemukan solusi melalui suatu proses yang melibatkan pemerolehan dan

pengorganisasian informasi. Pemecahan masalah melibatkan pencarian cara yang layak untuk mencapai tujuan (Santrock, 2011). Kemampuan pemecahan masalah merupakan aktivitas kognitif kompleks yang di dalamnya termasuk mendapatkan informasi dan mengorganisasikan dalam bentuk struktur pengetahuan.

Pada mata pelajaran fisika, proses pemecahan masalah fisika berhubungan dengan penguasaan konsep fisika. Perbedaan antara siswa yang memiliki kemampuan rendah dan tinggi dalam pemecahan masalah fisika adalah bagaimana siswa mengorganisasi dan menggunakan pengetahuan, serta menghubungkan satu konsep dengan konsep yang lain ketika memecahkan masalah. Siswa yang memiliki kemampuan tinggi dalam pemecahan masalah fisika cenderung menggunakan argumen kualitatif. Hal sebaliknya, siswa yang memiliki kemampuan rendah dalam pemecahan masalah fisika cenderung mengenali masalah berdasarkan sajian masalah, tidak melakukan evaluasi, dan cenderung menggunakan rumus dalam memecahkan masalah (Sujarwanto dkk, 2014).

Penyelesaian masalah merupakan proses dari menerima tantangan dan usaha-usaha untuk menyelesaikan sampai menemukan penyelesaiannya. Menurut Djamarah & Bahri (2002) metode pemecahan masalah bukan hanya sekedar metode mengajar tetapi juga merupakan suatu metode berfikir, sebab dalam menyelesaikan masalah menggunakan metode yang dimulai dari mencari data sampai kepada menarik kesimpulan.

Heller dkk. (1992) berpendapat bahwa langkah pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika melalui lima tahap. Tahap pemecahan masalah yang dikemukakan oleh Heller (1992) yaitu: 1) visualisasi masalah, 2) mendeskripsikan

masalah ke dalam konsep fisika, 3) merencanakan penyelesaian, 4) melaksanakan perencanaan penyelesaian, dan 5) meneliti dan mengevaluasi kembali.

Tahap pertama dalam penyelesaian masalah yaitu visualisasi masalah, meliputi membuat daftar variabel yang diketahui dan tidak diketahui serta identifikasi konsep dasar. Tahap kedua mendeskripsikan masalah ke dalam konsep fisika, visualisasi masalah diubah menjadi deskripsi fisika dengan membuat diagram atau sketsa. Ketiga, merencanakan penyelesaian yaitu merencanakan solusi dengan cara mengubah deskripsi fisika menjadi representasi matematis. Keempat, melaksanakan rencana penyelesaian dengan melakukan operasi matematis. Kelima, meneliti dan mengevaluasi. Mengevaluasi solusi yang didapatkan dengan mengecek kelengkapan jawaban, tanda, nilai, dan satuan.

Young dan Freedman (2012) mengajukan pemecahan masalah fisika dengan menggunakan I-SEE. Langkah-langkah pemecahan I-SEE yaitu 1) *Identify*, mengidentifikasi konsep yang relevan. Pada langkah ini, siswa menggunakan kondisi yang dinyatakan dalam masalah untuk menentukan konsep fisika yang relevan dan mengidentifikasi variabel yang dicari. 2) *Set up problem*. Siswa pada langkah ini menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah, membuat sketsa yang mendeskripsikan masalah, dan memilih sistem koordinat. 3) *Execute*, siswa pada langkah ini menggunakan persamaan, mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan, dan melakukan operasi matematis untuk menemukan solusi. 4) *Evaluation*, siswa mengecek satuan dan mengecek kesesuaian dengan konsep.

Berdasarkan langkah-langkah pemecahan masalah dari Young & Freedman (2012) serta Heller dkk (1992)., secara garis besar pemecahan masalah fisika terdiri dari mengenali masalah, menerapkan strategi, merencanakan strategi, dan mengevaluasi solusi. Dari tahapan tersebut selanjutnya disusun indikator dari setiap tahap. Indikator kemampuan pemecahan masalah fisika yang telah disusun ditunjukkan oleh Tabel 2.1. Indikator pada Tabel 2.1 merupakan indikator kemampuan pemecahan masalah fisika yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan tahap-tahap yang ditunjukkan oleh Tabel 1, maka instrumen pengukuran dirancang agar siswa menjawab melalui tahapan tersebut.

No	Tahap	Indikator
1	Memfokuskan permasalahan	<ul style="list-style-type: none"> • Memvisualisasikan masalah kedalam representasi visual • Mengidentifikasi masalah berdasarkan konsep dasar • Membuat daftar besaran yang diketahui • Menentukan besaran yang ditanyakan
2	Mendeskripsikan masalah dalam konsep fisika	<ul style="list-style-type: none"> • Mengubah representasi visual kedalam deskripsi fisika • Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan
3	Merencanakan solusi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengubah deskripsi fisika menjadi representasi matematis • Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
4	Melaksanakan rencana pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan • Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
5	Mengevaluasi solusi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep • Mengevaluasi satuan

2.2.3 Kinerja Siswa (*Students Performance*)

Kinerja Siswa/*Student Performance* adalah keseluruhan aktivitas siswa dalam proses pembelajaran. Aspek kinerja siswa dalam pembelajaran meliputi unjuk kerja, tingkah laku, atau interaksi siswa. Penilaian kinerja digunakan untuk menilai kemampuan siswa dalam bentuk penugasan untuk menghasilkan respon lisan atau tulis, menghasilkan karya, atau menunjukkan penerapan pengetahuan. Kegiatan praktikum di laboratorium termasuk dalam penilaian kinerja.

Dalam pembelajaran fisika, penilaian kinerja mengarah pada kinerja ilmiah yang mencerminkan semua aktivitas siswa yang melatih dan mengembangkan keterampilan sains dan sikap ilmiah. Kinerja ilmiah tersebut mencakup kegiatan merencanakan penelitian, melakukan penelitian ilmiah, dan mengkomunikasikan hasil penelitian.

Penilaian kinerja menuntut siswa mendemonstrasikan suatu kompetensi tertentu dengan menggunakan tes praktikum di laboratorium (Tim Penyusun K13, 2013). Penilaian kinerja adalah proses mengumpulkan data dengan cara pengamatan yang sistematis untuk membuat keputusan tentang individu (Ardli dkk, 2012). Penilaian kinerja merupakan penilaian yang dilakukan dengan mengamati kegiatan siswa dalam melakukan sesuatu kegiatan dalam proses pembelajaran seperti aktivitas di laboratorium.

Penilaian kinerja digunakan untuk menunjukkan keterampilan dan kompetensi tertentu serta menerapkan keterampilan dan pengetahuan yang siswa miliki. Hal tersebut juga senada dengan definisi yang dikemukakan Majid (2007) bahwa penilaian kinerja merupakan suatu penilaian yang meminta siswa untuk

mendemonstrasikan atau mengaplikasikan pengetahuan ke dalam berbagai macam konteks sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

Moskal dalam (Nova, 2016) membuat beberapa rekomendasi mengenai tugas kinerja yang akan dinilai, yaitu (a) kinerja yang dipilih harus menggambarkan aktivitas yang nyata, (b) hasil akhir dari asesmen kinerja harus memberikan pengalaman yang berharga, (c) pernyataan tujuan dan sasaran harus selaras dengan hasil yang terukur dari aktivitas kinerja, (d) tugas tidak harus menguji variabel *extreuous* atau yang tidak diinginkan, (e) asesmen kinerja harus objektif.

Menurut Mulyasa (2007) beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam asesmen kinerja, yaitu: a) langkah-langkah kinerja yang diharapkan dilakukan siswa untuk menunjukkan kinerja dari suatu kompetensi; b). kelengkapan dan ketepatan aspek yang akan dinilai dalam kinerja tersebut; c) kemampuan-kemampuan khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan tugas; d) upayakan kemampuan yang akan dinilai tidak terlalu banyak, sehingga semua dapat diamati; dan e) kemampuan yang akan dinilai diurutkan berdasarkan urutan pengamatan.

2.3 Materi Fisika Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat dalam suatu medium. Bunyi dapat merambat dalam zat padat, zat cair, dan gas.

2.3.1 Getaran Dawai

Kita akan meninjau dawai yang panjangnya L yang kedua ujungnya diikat pada penopang (tetap). Dawai semacam ini terdapat pada alat musik gitar, piano, dan biola. Bila dawai gitar dipetik, pada dawai akan terjadi gelombang. Gelombang ini dipantulkan pada kedua ujungnya yang tidak bergerak, sehingga

diperoleh gelombang berdiri. Selanjutnya, gelombang berdiri pada dawai ini akan menghasilkan gelombang bunyi di udara dengan frekuensi tertentu.

Untuk dawai yang kedua ujungnya diikat pada penopang, gelombang berdiri yang dihasilkan harus memiliki titik simpul pada kedua ujungnya. Kita telah mempelajari bahwa jarak antara dua titik simpul yang berdekatan adalah setengah panjang gelombang atau $\lambda/2$. Dengan demikian, untuk dawai yang panjangnya L berlaku

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

Artinya, jika dawai yang panjangnya L dan kedua ujungnya diikat pada penopang, maka gelombang berdiri hanya dapat terjadi jika panjang gelombang memenuhi Persamaan (1). Dengan menuliskan nilai-nilai panjang gelombang yang dapat terjadi sebagai λ_n , berdasarkan Persamaan (1) diperoleh

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}. \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

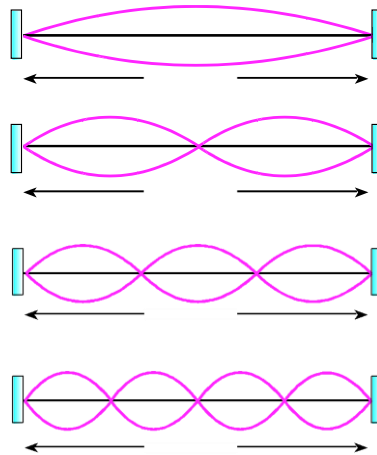
Setiap panjang gelombang λ_n terdapat frekuensi f_n , sesuai dengan persamaan umum gelombang $f_n = v/\lambda_n$. Frekuensi paling kecil terjadi jika panjang gelombangnya paling besar. Hal ini terjadi ketika $n=1$, yaitu $\lambda_1 = 2L$. Dengan demikian,

$$f_1 = \frac{v}{2L}. \quad (3)$$

Besaran f_1 dikenal sebagai frekuensi dasar. Frekuensi gelombang berdiri yang lain adalah $f_2 = 2v/2L$, $f_3 = 3v/2L$, dan seterusnya. Perhatikan bahwa $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$, dan seterusnya. Secara umum,

$$f_n = n \frac{v}{2L} = n f_1 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (4)$$

Frekuensi-frekuensi f_n dinamakan harmonik dan deretan frekuensi ini dinamakan deret harmonik. Para musisi menyebut f_2 , f_3 , f_3 , dan seterusnya dengan istilah nada atas (*overtone*). Jadi, f_2 adalah harmonik kedua atau nada atas pertama, f_3 adalah harmonik ketiga atau nada atas kedua, dan seterusnya. Harmonik pertama sama dengan nada dasar.



Gambar 2.1 Pola gelombang pada dawai dengan ujung terikat.

Pada gambar 2.1 tanda panah menunjukkan arah gelombang bunyi pada dawai yang bergerak bolak-balik memantul pada ujung dawai yang terikat. Gambar 2.1 paling atas menunjukkan bahwa pada frekuensi dasar terdapat 2 simpul dan 1 perut. Harmonik kedua (nada atas pertama) terdapat 3 simpul dan 2 perut. Gambar harmonik ketiga (nada atas kedua) terdapat 4 simpul dan 3 perut.

Frekuensi nada pada dawai berlaku persamaan:

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (5)$$

Persamaan (5) menunjukkan bahwa frekuensi f berbanding terbalik dengan panjang dawai L . Hal ini ditunjukkan pada piano atau biola di mana bagian bass (memiliki frekuensi rendah) memiliki dawai yang lebih panjang daripada bagian trebel (memiliki frekuensi tinggi).

2.3.2 Pipa Organa

Gelombang berdiri longitudinal dapat menghasilkan bunyi pada alat musik tiup. Salah satu contoh alat musik tiup yang paling sederhana adalah pipa organa. Ketika pipa organa ditiup, getaran bibir peniup membantu membangun getaran kolom udara dalam pipa. Udara dalam pipa bergetar dalam bentuk gelombang berdiri longitudinal.

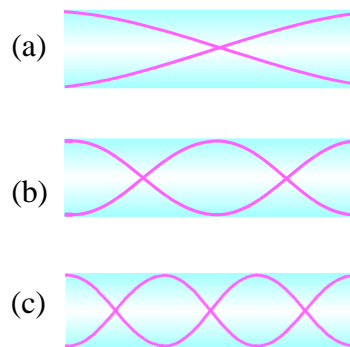
Ketika peniup pipa organa memasukkan udara ke mulut pipa organa, udara bergetar sehingga pada mulut pipa organa selalu terjadi titik perut karena di mulut pipa ini udara dapat bergerak bebas. Selanjutnya, pola gelombang yang terbentuk pada kolom udara di dalam pipa organa tergantung pada jenis pipa. Ada dua jenis pipa organa, yaitu pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

a. Pipa Organa Terbuka

Pipa organa yang terbuka pada kedua ujungnya dinamakan pipa organa terbuka. Pada pipa organa terbuka kedua ujungnya merupakan titik perut (Gambar 2.2). Frekuensi dasar pipa organa terbuka f_1 memiliki pola gelombang berdiri dengan titik-titik perut pada kedua ujungnya dan sebuah titik simpul di tengah-tengahnya (Gambar 2.2(a)). Jadi, frekuensi dasar pipa organa terbuka memiliki 2 perut dan 1 simpul.

Jarak antara dua titik perut yang berurutan selalu sama dengan $\frac{1}{2}\lambda$. Jarak ini sama dengan panjang pipa, yaitu L . Dengan demikian, $L = \frac{1}{2}\lambda$ atau $\lambda = 2L$.

Dengan mengingat rumus umum gelombang, $f = v/\lambda$, diperoleh $f_1 = \frac{v}{2L}$.



Gambar 2.2 Pipa organa terbuka. (a) Pola harmonik pertama atau nada dasar. (b) Pola harmonik kedua atau nada atas pertama. (c) Pola harmonik ketiga atau nada atas kedua.

Harmonik ketiga (nada atas pertama dan nada atas kedua) sebuah pipa organa terbuka. Pada harmonik kedua terdapat 3 perut dan 2 simpul, sedangkan pada harmonik ketiga terdapat 4 perut dan 3 simpul. Pada harmonik kedua, $L = 2(\frac{1}{2}\lambda) = \lambda$. Jadi,

$$f_2 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{L} = 2f_1.$$

Pada harmonik ketiga, $L = 3(\frac{1}{2}\lambda) = 3\lambda/2$ atau $\lambda = 2L/3$. Jadi,

$$f_3 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\frac{2}{3}L} = \frac{3v}{2L} = 3f_1.$$

Untuk setiap nada harmonik pipa organa terbuka panjang pipa L harus memenuhi persamaan,

$$L = n \frac{\lambda_n}{2} \quad \text{atau} \quad \lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (n = 1, 2, 3, \dots). \quad (7)$$

Oleh karena itu, setiap frekuensi nada harmonik pipa organa terbuka selalu memenuhi persamaan

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{2L/n} = n \frac{v}{2L} = n f_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots). \quad (8)$$

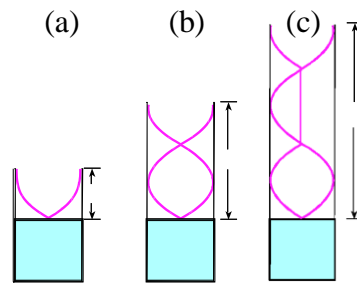
Harga $n=1$ bersesuaian dengan frekuensi dasar f_1 , $n=2$ bersesuaian dengan frekuensi nada atas pertama (harmonik kedua), dan seterusnya.

b. Pipa Organa Tertutup

Pipa organa tertutup adalah pipa organa yang salah satu ujungnya tertutup. Gambar 2.3 menunjukkan penampang pipa organa yang terbuka di ujung atas dan tertutup di ujung bawah. Ketika pipa organa tertutup ditiup, ujung terbuka merupakan titik perut, tetapi ujung tertutup merupakan titik simpul. Jarak antara titik perut dan titik simpul yang berdekatan adalah seperempat panjang gelombang. Gambar 2.3.(a) menunjukkan pola frekuensi dasar atau frekuensi dasar, f_1 . Panjang pipa $L = \lambda/4$ atau $\lambda = 4L$. Frekuensi dasar f_1 dapat diperoleh berdasarkan rumus gelombang $f = v/\lambda$, sehingga

$$f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L}. \quad (9)$$

Jika Persamaan (8) dibandingkan Persamaan (9), tampak bahwa frekuensi dasar pipa organa tertutup sama dengan setengah frekuensi dasar pipa organa terbuka yang panjangnya sama. Dalam istilah musik, titi nada pipa organa tertutup adalah satu oktaf lebih rendah daripada titi nada pipa organa terbuka yang panjangnya sama.



Gambar 2.3 Penampang pipa organa tertutup yang menunjukkan pola (a) harmonik pertama, (b) harmonik kedua, dan (c) harmonik ketiga.

Pada gambar 2.3.(b) menunjukkan pola harmonik kedua, dengan panjang pipa $L=3\lambda/4$ atau $\lambda=4L/3$. Pola harmonik ini memiliki frekuensi f_3 , yaitu:

$$f_3 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L/3} = 3\frac{v}{4L} = 3f_1.$$

Gambar 2.3(c) menunjukkan pola harmonik ketiga, dengan panjang pipa $L=5\lambda/4$ atau $\lambda=4L/5$. Pola harmonik ini memiliki frekuensi f_5 , yaitu:

$$f_5 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L/5} = 5\frac{v}{4L} = 5f_1.$$

Secara umum, panjang gelombang yang mungkin dimiliki pipa organa tertutup diberikan oleh persamaan

$$L = n\frac{\lambda_n}{4} \text{ atau } \lambda_n = \frac{4L}{n} \quad (n = 1, 2, 3, \dots). \quad (10)$$

Frekuensi-frekuensi harmonik pipa organa tertutup diperoleh berdasarkan rumus gelombang $f_n = v/\lambda_n$, yaitu

$$f_n = n\frac{v}{4L} = nf_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots), \quad (11)$$

Dengan f_1 diberikan oleh persamaan (11). Dalam pipa organa tertutup, harmonik kedua, harmonik keempat, dan semua harmonik genap tidak muncul.

Dengan kata lain, dalam pipa organa tertutup yang mungkin terjadi hanya harmonik-harmonik gasal.

2.3.3 Intensitas Bunyi

Sebagaimana gelombang pada umumnya, gelombang bunyi yang merambat juga memindahkan energi dari satu tempat ke tempat lain. Intensitas gelombang, dengan simbol I , didefinisikan sebagai energi rata-rata yang dipindahkan oleh gelombang per satuan waktu per satuan luas. Jadi, intensitas merupakan daya rata-rata per satuan luas. Akan tetapi, daya sama dengan hasil kali antara gaya dan kecepatan. Oleh karena itu, daya per satuan luas pada gelombang bunyi yang merambat dalam arah sumbu $-x$ sama dengan hasil kali antara perubahan tekanan $p(x,t)$ (gaya per satuan luas) dan kecepatan partikel $v_y(x,t)$.

Jika sumber bunyi dapat dipandang sebagai sebuah titik, intensitas bunyi pada jarak r dari sumber bunyi akan berbanding terbalik dengan r^2 . Hal ini dapat diperoleh berdasarkan hukum kekekalan energi: jika daya yang keluar dari sumber bunyi adalah P , maka intensitas I_1 yang melalui bola yang berjari r_1 dengan luas penampang πr_1^2 adalah

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2}.$$

Dengan cara yang sama, intensitas I_2 yang melalui bola yang berjari r_2 dengan luas penampang πr_2^2 adalah

$$I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2}.$$

Secara umum, jika sumber bunyi berbentuk titik mengeluarkan bunyi dengan daya P , maka besarnya intensitas I pada jarak r dari sumber bunyi itu adalah

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}. \quad (12)$$

Jika tidak ada energi yang hilang di antara kedua bola yang berjari r_1 dan r_2 , maka daya P harus sama. Oleh karena itu,

$$4\pi r_1^2 I_1 = 4\pi r_2^2 I_2 \text{ atau } \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}. \quad (13)$$

Mengingat telinga manusia peka terhadap jangkauan intensitas yang sangat lebar, maka intensitas bunyi sering digunakan skala logaritmik. Taraf intensitas bunyi, dengan simbol β , didefinisikan sebagai

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad (14)$$

dengan $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ disebut intensitas ambang, yaitu ambang pendengaran manusia pada frekuensi 1.000 Hz. Satuan taraf intensitas bunyi adalah decibel, disingkat dB ($1 \text{ dB} = 0,1 \text{ bell}$).

Gelombang bunyi dengan intensitas $I = I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ memiliki taraf intensitas $\beta = 0$. Sebaliknya, gelombang bunyi dengan intensitas $I = 1 \text{ W/m}^2$ memiliki taraf intensitas $\beta = 120 \text{ dB}$.

2.3.4 Layangan Bunyi

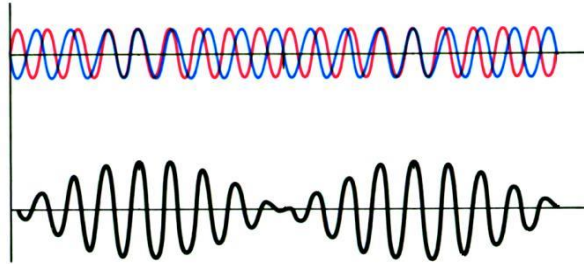
Kita telah membicarakan interferensi dua gelombang dengan frekuensi yang sama. Sekarang kita akan membicarakan interferensi dua gelombang bunyi yang memiliki amplitudo sama, tetapi frekuensinya sedikit berbeda. Peristiwa ini

dapat terjadi pada dua garpu tala yang frekuensinya sedikit berbeda dibunyikan bersama-sama.

Ketika dua gelombang berinterferensi, perhatikan sebuah titik dalam medium itu. Pergeseran masing-masing gelombang di titik itu dapat digambarkan sebagai fungsi waktu Gambar 2.4 bagian atas. Panjang total sumbu waktu menyatakan 1 s, sedangkan frekuensi masing-masing gelombang berturut-turut 16 Hz (grafik warna biru) dan 18 Hz (grafik warna merah). Berdasarkan prinsip superposisi, kita menambahkan kedua pergeseran pada setiap saat untuk menentukan pergeseran total pada saat itu. Hasil superposisi ditunjukkan pada Gambar 2.4 bagian bawah. Pada saat $t=0,25\text{s}$ dan $t=0,75\text{s}$, kedua gelombang sefase. Artinya, kedua gelombang itu saling memperkuat sehingga amplitudo totalnya maksimum. Akan tetapi, karena frekuensinya sedikit berbeda, kedua gelombang itu tidak dapat sefase dalam setiap waktu. Pada saat tertentu, misalnya $t=0,50\text{s}$, kedua gelombang itu tepat berlawanan fase. Artinya, kedua gelombang itu saling meniadakan sehingga amplitudo totalnya sama dengan nol. Gelombang resultan pada Gambar 2.4 bagian bawah tampak seperti sebuah gelombang sinusoidal tunggal yang amplitudonya berubah-ubah dari maksimum ke nol dan kembali ke maksimum lagi.

Berdasarkan uraian di atas, dalam waktu 1 s amplitudo resultan memiliki dua maksimum dan dua minimum sehingga frekuensi perubahan amplitudo ini adalah 2 Hz. Perubahan amplitudo ini menyebabkan perubahan kenyaringan yang dinamakan layangan dan frekuensi di mana kenyaringan itu berubah dinamakan

frekuensi layangan. Frekuensi layangan sama dengan selisih kedua frekuensi gelombang yang berinterferensi.



Gambar 2.4 Dua gelombang dengan beda frekuensi kecil (atas) mengalami superposisi (bawah) yang menghasilkan layangan bunyi.

Kita akan membuktikan bahwa frekuensi layangan sama dengan selisih antara frekuensi f_a dan f_b . Diandaikan $f_a > f_b$ atau $T_a < T_b$, dengan T_a dan T_b berturut-turut menunjukkan periode yang bersesuaian dengan frekuensi f_a dan f_b . Jika kedua gelombang itu mula-mula sefase pada $t=0$, kedua gelombang itu akan sefase lagi apabila gelombang pertama telah bergerak tepat satu siklus lagi melebihi gelombang kedua. Hal ini akan terjadi pada nilai t yang sama dengan T_{layangan} . Jika n menunjukkan jumlah siklus gelombang pertama dalam waktu T_{layangan} , jumlah siklus gelombang kedua dalam waktu T_{layangan} adalah $(n-1)$. Jadi,

$$T_{\text{layangan}} = nT_a \text{ dan } T_{\text{layangan}} = (n-1)T_b.$$

Dari dua persamaan ini diperoleh,

$$T_{\text{layangan}} = \frac{T_a T_b}{T_b - T_a}.$$

Akan tetapi, $f = 1/T$ sehingga

$$f_{\text{layangan}} = \frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_b},$$

$$f_{\text{layangan}} = f_a - f_b \quad (15)$$

Seperti telah disebutkan di atas, frekuensi layangan sama dengan selisih antara kedua frekuensi gelombang yang berinterferensi. Frekuensi layangan selalu positif, sehingga f_a pada Persamaan (15) selalu menunjukkan frekuensi yang lebih tinggi.

2.3.5 Efek Doppler

Bila sebuah mobil bergerak mendekati Anda sambil membunyikan klakson, Anda akan mendengar frekuensi bunyi klakson yang semakin tinggi. Sebaliknya, jika mobil itu bergerak menjauhi Anda, Anda akan mendengar frekuensi bunyi klakson yang semakin rendah. Fenomena ini pertama kali dijelaskan oleh ilmuwan berkebangsaan Austria Christian Doppler sekitar abad pertengahan, sehingga dinamakan efek Doppler. Secara umum, bila sumber bunyi dan pendengar bergerak relatif satu sama lain, maka frekuensi bunyi yang didengar oleh pendengar tidak sama dengan frekuensi sumber bunyi.

Untuk menganalisis efek Doppler pada gelombang bunyi, kita akan menentukan hubungan antara pergeseran frekuensi, kecepatan sumber, dan kecepatan pendengar relatif terhadap medium (udara) yang dilalui oleh gelombang bunyi tersebut. Untuk menyederhanakan, kita hanya akan membahas keadaan khusus di mana kecepatan sumber dan pendengar keduanya terletak sepanjang garis lurus yang menghubungkan keduanya.

Dalam membahas efek Doppler, v_s dan v_p berturut-turut menunjukkan komponen-komponen kecepatan sumber bunyi dan kecepatan pendengar, relatif terhadap medium. Kita akan memilih arah positif untuk v_s dan v_p sebagai arah

dari pendengar P ke sumber S . Laju perambatan bunyi relatif terhadap medium, yaitu v , selalu positif.



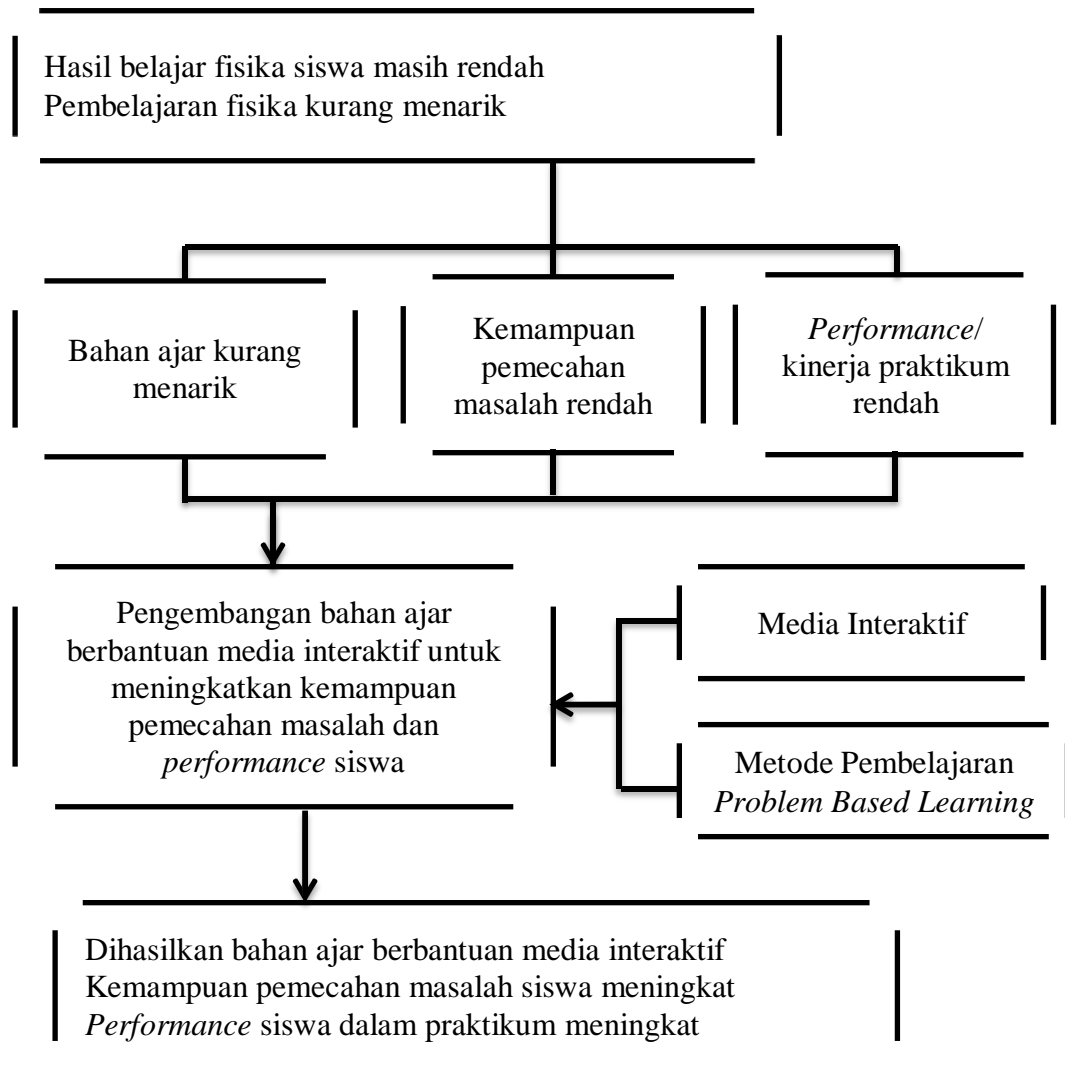
Gambar 2.5. Pendengar yang bergerak menuju sumber bunyi yang tidak bergerak akan mendengar frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi sumber bunyi. (Kanginan, 2016)

Pada gambar 2.5 menunjukkan seorang pendengar P yang bergerak dengan kecepatan v_p menuju sumber bunyi S yang diam. Sumber bunyi itu memancarkan gelombang bunyi dengan frekuensi f_s dan panjang gelombang $\lambda = v/f_s$. Perhatikan beberapa puncak gelombang yang terpisah dengan jarak yang sama, yaitu λ . Puncak-puncak gelombang yang mendekati pendengar yang bergerak itu mempunyai laju perambatan relatif terhadap pendengar sebesar $v+v_p$. Jadi, frekuensi f_p di mana puncak-puncak gelombang itu tiba di posisi pendengar (artinya, frekuensi yang didengar oleh pendengar) adalah

$$f_p = \frac{v+v_p}{\lambda} = \frac{v+v_p}{v/f_s} \quad (16)$$

$$f_p = \left(1 + \frac{v_p}{v}\right) f_s. \quad (17)$$

2.4 Kerangka Berpikir



Gambar 2.6 Bagan Kerangka Berpikir

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

- 1) Telah dihasilkan bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif untuk siswa SMA. Bahan ajar tersebut layak digunakan dalam pembelajaran dengan penilaian ahli materi 80,77% dengan kategori baik dan penilaian ahli media sebesar 88,59% dengan kategori sangat baik.
- 2) Pembelajaran menggunakan bahan ajar gelombang berbantuan media interaktif terbukti dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa dengan peningkatan pada kelas eksperimen sebesar 0,43 dan peningkatan pada kelas kontrol sebesar 0,13.
- 3) Bahan ajar gelombang bunyi berbantuan media interaktif juga terbukti meningkatkan *performance* siswa dalam kegiatan laboratorium dengan peningkatan kelas eksperimen sebesar 0,13 dibandingkan kelas kontrol.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, diharapkan peneliti berikutnya dapat mengembangkan bahan ajar berbantuan media interaktif pada materi fisika lainnya selain gelombang bunyi. Terutama pada materi yang bersifat abstrak yang sulit dijelaskan hanya dengan membaca dan tidak mungkin pula dilakukan kegiatan eksperimen di laboratorium. Dalam mengembangkan bahan ajar tidak harus membuat bahan ajar baru, namun dapat pula dilakukan dengan memperbaiki

bahan ajar yang sudah ada sebelumnya, mengingat bahwa pada saat ini sudah terdapat banyak penelitian tentang bahan ajar. Pada tahun ini dan diprediksi di masa yang akan datang, sistem operasi yang paling banyak digunakan oleh siswa adalah Android, sehingga media interaktif yang paling praktis dan efektif bagi siswa yaitu yang mampu berjalan dengan lancar pada sistem operasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi U. C., & H. Wibawanto. (2015). Pengembangan Media Animasi Interaktif 3 (Tiga) Dimensi sebagai Alat Bantu Ajar Mata Pelajaran IPA Kelas VII menggunakan Blender Game Engine. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 7 No. 2. 62-70.
- Akcayir, M., G. Akcayir, & H. M. Pektas. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes towards science laboratories. *Computers in Human Behavior*. 57 (2016) 334-342.
- Amirullah, A., A. Syukroyanti, & S. Prayogi. (2015). Development Of Physics Learning Animation Media Using Adobe Flash Cs5. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika "Lensa"* Vol. 4 No.1, 29-34.
- Anjarsari, D. R, E. Kurniati, & E.S. Utami. (2016). Pembelajaran Cerita Rakyat Dengan Media Film Animasi Melalui Pendekatan Terpadu pada Sd Negeri Maos Kidul 03 Kabupaten Cilacap. *Lingua* XII (2) (2016). 152-160.
- Ardli, I., A. G. Abdullah, S. Mujdalipah, & Ana. (2012). Perangkat Penilaian Kinerja Untuk Pembelajaran Teknik Pemeliharaan Ikan. *INVOTEC*, Volume VIII, No.2 : 147-166.
- Arguel, A., & Jamet, E. (2009). Using video and static pictures to improve learning of procedural contents. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 354-359.
- Bahri, S. (2016). Aplikasi Metoda Reciprocal Teaching Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Fisika Di Kelas X MIPA 5 SMAN 1 Pasaman. *Jurnal Manajemen Pendidikan*. Vol. I No.1 Th. 2016 109-115.
- Budiningsih, T., A. Rusilowati, & P. Marwoto. (2015). Pengembangan Buku Ajar Ipa Terpadu Berorientasi Literasi Sains Materi Energi Dan Suhu. *Journal of Innovative Science Education*. 4 (2) 34-40.
- Daeng, I.T.M. (2017). Penggunaan Smartphone Dalam Menunjang Aktivitas Perkuliahan Oleh Mahasiswa Fispol Unsrat Manado. *e-journal "Acta Diurna"* Volume VI. No. 1. Tahun 2017 1-15.

- Depdiknas. (2006). *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Depdiknas.
- Depdiknas. (2006). *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Dikmenum Depdiknas.
- Dewi, K., I. W. Sadia, & N. P. Ristiati. (2013). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Ipa Terpadu Dengan Setting Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Kinerja Ilmiah Siswa. *Program Studi Pendidikan IPA* (Volume 3 Tahun 2013)
- Djamarah, & S. Bahri. (2002). *Psikologi Belajar*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Effendi, L.A. (2012). Pembelajaran Matematika Dengan Metode Penemuan Terbimbing Untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP. *Jurnal Penelitian Pendidikan* | Vol. 13 No. 2 1-9
- Fatmaryanti, S.D., & Sarwanto. (2015). Profil Kemampuan Representasi Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 1 (1), 19 – 22.
- Gere, A., A. Syukroyanti, & S. Prayogi. (2014). Development Of Physic Learning Animation Media Using Adobe Flash Cs5. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika "Lensa"*. Vol. 4 No.1 29-33.
- Ghufron, M. Nur., & R. Risnawita. (2014). *Teori-Teori Psikologi*. Jogjakarta: Ar-Ruzz Media.
- Gunawan, I., & A.R. Palupi. (2016). Taksonomi Bloom–revisi ranah kognitif: kerangka landasan untuk pembelajaran, pengajaran, dan penilaian. *Premiere educandum: Jurnal Pendidikan Dasar Dan Pembelajaran*, 2(02).
- Hake R. (1998). "Interactive-engagement vs. traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," *American Journal of Physics* 66, 64–74.
- Hayatun, N. A., N. Sugraha, & N. Rahmana. (2017). Initial Laboratory Skill of Senior High School's Students in Tidore Kepulauan at Chemistry Subject. *International Conference on Education, Science, Art and Technology*.
- Hegde, B., & B. N. Meera. (2012). How do they solve it? An insight into the learner's approach to the mechanism of physics problem solving. *Phys. Rev. ST Phys. Educ*, 8(1), 1-9.

- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. *American Journal of Physics*, (Online), 60(7): 627-636.
- Hentasmaka, D. (2011). *Meningkatkan Minat Baca Di Kalangan Siswa*. Jakarta: infodiknas.
- Heong, Y. & M. Othman. (2011). The Level of Marzano Higher Order Thinking Skills Among Technical Education Students. *International Journal of Social and and Humanity*, 1 (2). 121-125.
- Hutomo, P.M. (2015). Penerapan Media Interaktif Berbasis Macromedia Flash Pada Kompetensi Dasar Memelihara Transmisi Otomatis Dan Komponennya Untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol. 15, No. 2, Desember 2015 (78-81)
- Isnarto, Abdurrahman, & Sugianto. (2017). Pengembangan Laboratorium Media Pembelajaran Berbasis Kebutuhan Sekolah. *Jurnal Profesi Keguruan*. 3 (2) (2017): 244-252.
- Jannah, L. & M. Nursuyono. (2016). Desain Bahan Ajar Materi Gelombang Dan Bunyi Model Inkuiri Terbimbing Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *Pendidikan Sains Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 6, No. 1, 1196-1204
- Juanda, M., R. Johar, & M. Ikhsan. (2014). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Komunikasi Matematis Siswa SMP melalui Model Pembelajaran Means-ends Analysis (MeA). *Jurnal kreano*. Volume 5 Nomor 2 105-114.
- Kohl, P.B., R. David, & D.F. Noah. (2007). Strongly and Weakly Directed Approach to Teaching Multiple Representation Use in Physics. *Physical Review Special Topics. Physics Education Research*, 3(1), 1-10.
- Majid, A. (2007). *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Kanginan, M. (2016). *Fisika Untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga.
- Mayer, R. E., & R.B Anderson. (1992). The instructive animation: elping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*. Vol.84,No.4, 444-452.

- Mayer, R.E. & R. Moreno. (2002). Aids to Computer-Based Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, 12 (1), 107.
- Mubasir, Y., W. Hardyanto, & Supriyadi. (2018). Design and Implementation of Mobile Learning with RASE Framework: Applying to The Balance of Rigid Bodies. *Phys. Comm.* 2 (2) (2018) 76-84.
- Mulyasa, E. (2007). *Standar Kompetensi dan Sertifikasi Guru*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Murtono, A. S. & R. Dadi. (2014). Fungsi Representasi dalam Mengakses Penguasaan Konsep Fisika Mahasiswa. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika UAD*, 1(2), 80-84.
- Nugraha, A.B., T. R. Ramalis, & Purwanto. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Web Fisika Smp Berorientasi Literasi Sains Pada Materi Kalor. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika* (2017) Vol.2 No.1 11 -14
- Nova, E.C. (2016). Pengembangan Perangkat Instrumen Performance Assessment Pada Pembelajaran Fisika Melalui Scientific Approach Dengan Model Project Based Learning (*Doctoral dissertation, Universitas Lampung*).
- Owusu K.A, K.A. Monney, J.Y. Appiah, & Wilmot. (2010). Effect of computerassisted instruction on performance of senior high school biology students in Ghana. *Computer and Education* 55(1):904-910.
- Pannen, P & Purwanto. (2011). *Penulisan Bahan Ajar*. Jakarta: Pusat antar Universitas untuk Peningkatan dan Pengembangan Aktivitas Instruksional Ditjen Dikti Dinas.
- Pujayanto, Supurwoko, Y. Radiyono, & Delisma. (2016). Development of problem-based learning material for physics mathematics and its implementation. *Int. J. Sci. Appl. Sci.: Conf. Ser.* Vol. 1 No. 1 (2017) 16-24.
- Purnomo, E.A. & V. D. Mawarsari. (2014). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Melalui Model Pembelajaran Ideal Problem Solving Berbasis Project Based Learning. *, Volume 1 Nomor 1 24-32.*
- Quarcoo-Nelson R., I. Buabeng, & D. K. Osafo. (2012). Impact of Audio-Visual Aids on Senior High School Students' Achievement in Physics. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ.* 4(1): 46-54.

- Reyza, M., A. Darmaji. (2015). Hubungan Gaya Belajar Visual, Auditorial, Dan Kinestetik Dengan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Dinamika Rotasi Dan Kesetimbangan Benda Tegar Kelas XI IPA SMAN Kota Jambi. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains 5*.
- Rifa'i, A. & C. T. Anni. (2009). *Psikologi Pendidikan*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- Rofiah, E., N. S. Aminah, & E. Y. Ekawati. (2013). Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(2).
- Santrock, J.W. (2011). *Educational Psychology*. New York: McGraw-Hill.
- Saregar, A., W. Sunarno, & Cari. (2013). Pembelajaran Fisika Kontekstual Melalui Metode Eksperimen dan Demonstrasi Diskusi Menggunakan Multimedia Interaktif Ditinjau dari Sikap Ilmiah dan Kemampuan Verbal Siswa. *Jurnal Inkuiri*, Vol 2, No 2. 100- 113.
- Sari, A. K., C. Ertikanto, & W. Suana. (2015). Pengembangan LKS Memanfaatkan Laboratorium Virtual pada Materi Optik Fisis dengan Pendekatan Saintifik. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung*, 3(2).
- Setyadi D., & A. Qohar. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Web pada Materi Barisan dan Deret. *Kreano* 8 (1) (2017): 1-7.
- Selcuk, G.S. (2013). A Comparison of Achievement in Problem Based, Strategic, and Traditional Physics. *International Journal On New Trend*. Vol 4 (1).
- Silaban, B. (2014). Hubungan Antara Penguasaan Konsep Fisika Dan Kreativitas Dengan Kemampuan Memecahkan Masalah Pada Materi Pokok Listrik Statis. *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan*. Volume 20(1): 65 – 75.
- Suarsana, I.M., & G.A. Mahayukti. (2013). Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia* Vol. 2, No. 2, 264-276.
- Sudjana, N. (2012). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT Remaja Rosydakarya.
- Sudjana, N, & A. Rivai. (2010). *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

- Sudiran. (2012). Meningkatkan Profesionalisme Guru Melalui Penelitian Tindakan Kelas.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sujarwanto, E., A. Hidayat, & W. Wartono. (2014). Kemampuan pemecahan masalah fisika pada modeling instruction pada siswa SMA kelas XI. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 3. 10.15294/jpii.v3i1.2903.
- Suparman, A. (2014). *Desain Instruksional Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Supramono. (2013). Peningkatan Keterampilan Kinerja (Performance) Siswa Kelas XI SMAN 4 Palangka Raya pada Materi Ekosistem dengan Menggunakan Pendekatan Problem Posing. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, volume 20, nomor 1 74-84.
- Taqwa, M. R. A., & Astalini, D. 2015. Hubungan Gaya Belajar Visual, Auditorial, Dan Kinestetik Dengan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Dinamika Rotasi Dan Kesetimbangan Benda Tegar Kelas XI IPA SMAN Se-Kota Jambi. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains*. Hal 220-226.
- Tim Penyusun K13. (2013). *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Kemendikbud. Jakarta.
- Trianto. (2011). Model Pembelajaran Terpadu Konsep, Strategi, dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP). Jakarta : Bumi Aksara.
- Ulya, H. (2016). Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Bermotivasi Belajar Tinggi Berdasarkan Ideal Problem Solving. *Jurnal Konseling Gusjigang*. Vol. 2 No. 1 90-97.
- Young, H.D. & R.A. Freedman. (2012). *Sear's and Zemansky University Physics: with Modern Physics*. San Francisco: Pearson Education.
- Zevenbergen, R., S. Dole, & R.J. Wright. (2004). *Teaching Mathematics in Primary Schools*. Sidney: Allen and Unwin.