



Pengembangan E-Book Materi Gelombang Bunyi Dengan Pendekatan *Problem-Based Learning* Untuk Meningkatkan Kemandirian Dan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik SMA

Eryanti^{1*}, Yusman Wiyatmo¹

¹ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

*Corresponding author email: eryanti.2022@student.uny.ac.id

Article Info

Article history:

Received May 10, 2026

Approved August 25, 2026

Keywords:

E-Book, Sound Waves, Problem Based Learning, Independence, Cognitive Learning Outcomes, Product Novelty

ABSTRACT

This research aims to: (1) produce an e-Book on sound waves that is suitable for improving the independence and cognitive learning outcomes of high school students, (2) determine the effectiveness of the e-Book on sound waves in improving the independence and cognitive learning outcomes of high school students, and (3) produce a practical e-Book on sound waves to improve the independence and cognitive learning outcomes of high school students. This research is a Research and Development (R&D) study using the ADDIE development model: Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate. The validators consisted of two expert lecturers and three teachers for product validation and instrument content validity. The research subjects included 180 students for the empirical validity of the instrument, 36 students for the product readability test, and 108 students for the implementation test. The sampling technique for the empirical validity and implementation test subjects used cluster sampling, while the readability test subjects used purposive sampling. This research design used a pretest-posttest control group. The research instruments consisted of tests and non-tests. The test instruments included a pretest and posttest of high school students' cognitive learning outcomes. Meanwhile, the non-test instruments consisted of a product feasibility questionnaire, an instrument content validity questionnaire, and a readability questionnaire. The instrument content validity used Aiken's V and item analysis used the partial credit model. The product feasibility data analysis technique used categorization based on the mean and ideal standard deviation, while the product effectiveness analysis technique used parametric tests in the form of MANOVA and effect size. The results of this study indicate that: (1) an e-Book on sound waves has been produced that is suitable for use to improve students' independence and cognitive learning outcomes based on the assessment of expert lecturers and teachers with a very good category, (2) the use of an e-Book on sound waves is effective for improving the independence and cognitive learning outcomes of high school students with a large effect size category, (3) an e-Book on sound waves has been produced that is practical for use to improve the independence and cognitive learning outcomes of high school students.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghasilkan e-Book materi gelombang bunyi yang layak untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik SMA, (2) mengetahui keefektifan e-Book materi gelombang bunyi untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik SMA, dan (3) menghasilkan e-Book materi gelombang bunyi yang praktis untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik SMA. Jenis penelitian ini yaitu *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan ADDIE yaitu

Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate. Validator terdiri dari 2 dosen ahli dan 3 guru untuk validasi produk dan validitas isi instrumen. Subjek penelitian meliputi 180 peserta didik untuk validitas empiris instrumen, 36 peserta didik untuk uji keterbacaan produk dan 108 peserta didik untuk uji implementasi. Teknik sampling subjek validitas empiris dan uji implementasi menggunakan teknik *cluster sampling*, sedangkan subjek uji keterbacaan menggunakan teknik *purposive sampling*. Desain penelitian ini yaitu *pretest-posttest control group*. Instrumen penelitian berupa tes dan non tes. Instrumen tes meliputi *pretest* dan *posttest* hasil belajar kognitif peserta didik SMA. Sedangkan instrumen non tes berupa angket kelayakan produk, angket validitas isi instrumen dan angket keterbacaan. Validitas isi instrumen menggunakan *Aiken's V* dan analisis butir soal menggunakan *partial credit model*. Teknik analisis data kelayakan produk menggunakan pengkategorian berdasarkan rerata dan simpangan baku ideal, sedangkan teknik analisis keefektifan produk menggunakan uji parametrik berupa MANOVA dan *effect size*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) telah dihasilkan *e-Book* materi gelombang bunyi yang layak digunakan untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik berdasarkan penilaian dosen ahli dan guru dengan kategori sangat baik, (2) penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi yang efektif digunakan untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik SMA dengan kategori *large effect size*, (3) telah dihasilkan *e-Book* materi gelombang bunyi yang praktis digunakan untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik SMA.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Eryanti, E., & Wiyatmo, Y. (2026). Pengembangan E-Book Materi Gelombang Bunyi Dengan Pendekatan Problem-Based Learning Untuk Meningkatkan Kemandirian Dan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik SMA. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 7(3), 3044–3060. <https://doi.org/10.55681/jige.v7i3.6346>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era globalisasi ini berkembang sangat pesat dan berdampak besar bagi kehidupan, salah satu dampak paling besar yaitu dalam dunia Pendidikan (Muhtarom, 2024). Inovasi dalam dunia pendidikan sangat dibutuhkan seiring berkembangnya zaman dan teknologi (Redhana, 2019). Pendidikan di era globalisasi ini sudah lebih modern di mana beberapa sekolah yang sudah menggunakan teknologi dalam melakukan pembelajaran (Maritsa et al., 2021). Berbagai media pembelajaran juga sudah digunakan supaya peserta didik dapat menguasai materi dengan baik. Kemajuan teknologi mengharuskan proses pembelajaran lebih kreatif, inovatif dan menarik seperti materi pembelajaran, penyampaian materi menggunakan berbagai macam media, ditambah lagi dengan kondisi sekolah (Yasin et al., 2023). Berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, perubahan pola pikir masyarakat menyikapi berkembangnya teknologi, kemajuan teknologi dalam pembelajaran dan lain sebagainya berdampak besar pada kegiatan pendidikan. Misalnya, kemajuan teknologi dapat dimanfaatkan oleh pendidik untuk lebih inovatif dan lebih efisien dalam pembelajaran (Munadi, 2008).

Media pembelajaran sangat berpengaruh pada keberhasilan peserta didik, terlebih lagi dalam pelajaran fisika. Media merupakan sebuah alat yang mempunyai fungsi menyampaikan pesan (Sanaky, 2013). Media menjadi sarana penghubung dan komunikasi yang baik antar pihak. Media pembelajaran merupakan alat yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan pembelajaran (Moto, 2019). Tujuan penggunaan media pembelajaran adalah untuk memperlancar pembelajaran di kelas, meningkatkan efisiensi proses pembelajaran, dan membantu peserta didik fokus dalam belajar.

Dalam pembelajaran Fisika berbasis *Problem Based Learning*, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan aktif membangun pengetahuan melalui pemecahan masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Kurikulum Merdeka menuntut *Problem Based Learning* sebagai pembelajaran yang berorientasi pada peserta didik, dimana pembelajaran dimulai dengan suatu masalah kontekstual yang menantang dan belum memiliki solusi yang jelas, sehingga model pembelajaran yang berbasis *Problem Based Learning* memiliki beberapa kelebihan yaitu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, mengembangkan kemandirian belajar, meningkatkan kemampuan berkolaborasi, membuat pembelajaran lebih bermakna, mengasah keterampilan pemecahan masalah, meningkatkan keterlibatan peserta didik dan mengembangkan kemampuan komunikasi ilmiah (Mallu et al., 2024).

Apabila pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* ini dibandingkan dengan ceramah tentunya akan menunjukkan karakteristik yang berbeda pula. Pada pembelajaran *Problem Based Learning* peran guru hanya sebagai fasilitator, sedangkan pada ceramah guru sebagai pusat informasi. Berdasarkan hasil observasi terhadap proses pembelajaran dan wawancara dengan guru mata pelajaran fisika dan peserta didik SMA Negeri 1 Sewon, terdapat kendala atau kesulitan pada mata pelajaran fisika. Pada saat observasi di dalam kelas guru menyampaikan materi dengan media pembelajaran sederhana dengan tujuan agar peserta didik mampu membayangkan apa yang dimaksud dalam materi tersebut. Guru dalam menyampaikan materi masih secara umum dan panjang sedangkan peserta didik menginginkan dengan cara yang simpel dan ringkas. Selain itu guru menyampaikan pembelajaran terpaku pada materi ajar yaitu buku paket siswa yang ada di sekolah. Untuk menunjang pembelajaran guru juga membuat lembar kerja peserta didik (LKPD). Pada saat pembelajaran berlangsung guru membangun interaksi dengan menanyakan beberapa pertanyaan tetapi peserta didik diam saja dan tidak berusaha saat ditunjuk langsung. Akibatnya peserta didik menjadi pasif dan kurang antusias dalam mengikuti pembelajaran.

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia No.73 Tahun 2013 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia di bidang pendidikan tinggi mewajibkan perguruan tinggi untuk mengembangkan kurikulum yang tepat agar peserta didik memiliki kompetensi unggul dengan berbagai keterampilan yang sejalan dengan tuntutan abad 21, termasuk keterampilan belajar mandiri, penguasaan Teknologi Informasi dan Komunikasi, dan keterampilan kolaborasi.

Kemandirian Belajar juga merupakan salah satu ciri dalam pembelajaran abad 21 (Bibbings, et al., 2018). Peserta didik dituntut untuk dapat belajar secara mandiri, baik dengan atau tanpa bimbingan pendidik (Kopzhassarova, et al., 2016). Peserta didik tidak hanya datang, duduk, mendengar ceramah pendidik, dan menghafal materi yang diberikan guru, melainkan berusaha secara mandiri untuk mengkonstruksi pengetahuannya (Bauziene & Vosyliute, 2014).

Menurut peserta didik dalam satu kelas mengungkapkan bahwa materi fisika sangat sulit untuk dipahami. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan media pembelajaran untuk membantu memahami materi supaya pembelajaran tidak hanya berpusat pada guru saja tetapi juga peserta didik aktif dalam pembelajaran yang nantinya meningkatkan hasil belajar. Salah satu materi mata pelajaran fisika yaitu gelombang bunyi. Gelombang bunyi dipilih karena kompetensi dasar yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, membutuhkan visualisasi kompleks dan cocok dijadikan konteks masalah dalam PBL tanpa perlu menjelaskan keseluruhan fisika gelombang bunyi secara mendalam. Melalui hal tersebut, integrasi PBL dan *e-Book* pada materi gelombang bunyi memiliki landasan teoritis dan empiris yang kuat untuk meningkatkan

kemandirian serta hasil belajar kognitif peserta didik. *E-Book* dapat digunakan pada sistem pembelajaran jarak jauh juga sehingga dapat digunakan untuk belajar mandiri di mana saja dan kapan saja.

Media pembelajaran dengan *e-Book* juga mudah digunakan bagi yang sudah pernah menggunakannya dan yang belum pernah menggunakannya sama sekali (Faisol, 2018). *E-Book* digunakan karena dimasa *pandemic* peserta didik dalam melakukan pembelajaran menggunakan *smartphone* dengan adanya jaringan internet. Saat ini peserta didik masih kurang memanfaatkan *smartphone* dengan baik seperti untuk bermain game, sosial media yang kurang mendukung pembelajaran. Seperti yang diungkapkan masyarakat Indonesia banyak yang menggunakan *smartphone* terutama Android dan tidak terkecuali para peserta didik dan guru. Namun, para peserta didik kebanyakan tidak memanfaatkan *smartphone* dengan baik, hanya sebatas untuk permainan dan media sosial saja. Meskipun demikian saat ini *pandemic* telah usai tetapi teknologi harus tetap dimanfaatkan dalam pembelajaran agar kemampuan digital peserta didik tidak menurun. *E-Book* sesuai dengan karakter peserta didik di mana sudah lebih modern dan lebih ringkas. Media pembelajaran *e-Book* dapat diterapkan di kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Sewon, hal ini dikarenakan peserta didik sudah memahami penggunaan komputer dan android dalam proses pembelajaran. Berdasarkan permasalahan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan *e-Book* pada materi gelombang bunyi dengan Pendekatan Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik SMA Kelas XI”.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *research and development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas tahap *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Produk yang dikembangkan berupa *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *flipbook* yang dapat digunakan pada *smartphone* maupun *laptop*. Pada tahap *analysis* dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi dan wawancara di SMA Negeri 1 Sewon yang meliputi analisis kurikulum, analisis materi, dan analisis peserta didik. Tahap *design* meliputi pemilihan produk, perencanaan materi berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP), serta penyusunan desain produk dan instrumen penelitian. Tahap *development* dilakukan melalui pengembangan produk, validasi ahli, revisi produk, uji terbatas, dan uji keterbacaan produk. Tahap *implementation* dilakukan melalui uji coba lapangan untuk mengetahui efektivitas penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi. Tahap *evaluation* dilakukan dengan menganalisis hasil penelitian guna menentukan kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan.

Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Sewon, yaitu kelas XI-3, XI-4, dan XI-6 yang masing-masing berjumlah 36 peserta didik. Teknik pemilihan kelas menggunakan desain *one group pretest-posttest* dan *non-equivalent control group design* yang terdiri atas satu kelas eksperimen dan dua kelas kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi dengan pendekatan *Problem Based Learning*, sedangkan variabel terikat meliputi kemandirian belajar dan hasil belajar kognitif peserta didik. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan angket (*check list*) menggunakan skala Likert 1–4. Instrumen penelitian terdiri atas lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, angket respons guru, dan angket respons peserta didik. Teknik analisis data yang digunakan meliputi analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Analisis validasi instrumen menggunakan koefisien Aiken's V, sedangkan analisis kelayakan produk

menggunakan skor rata-rata kategori kelayakan. Uji prasyarat yang digunakan meliputi uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas Box's, dan uji multikolinearitas menggunakan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Normalitas Data

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Data

Variabel	Kelas	Kolmogorov-Smirnov		
		Statistic	df	Sig.
Kemandirian	Eksperimen	0,949	36	0,096
	Kontras 1	0,965	36	0,302
	Kontras 2	0,962	36	0,250
Hasil Belajar Kognitif	Eksperimen	0,940	36	0,052
	Kontras 1	0,974	36	0,535
	Kontras 2	0,948	36	0,089

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai signifikansi analisis Shapiro-Wilk pada nilai kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik setiap kelas penelitian nilai signifikansinya lebih dari 0,05 yang menunjukkan data terdistribusi normal. Prasyarat normalitas telah terpenuhi sehingga dapat dilakukan prasyarat homogenitas

Hasil Uji Homogenitas Data

Tabel 2. Hasil Analisis Uji Homogenitas dengan Uji Box's

Variabel	Box's M	F	df1	df2	Sig.
Kemandirian dan Hasil Belajar	19,225	0,908	20	39574,873	0,577

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa nilai signifikansi pada uji Box's memiliki nilai lebih besar dari 0,05 ($0,577 > 0,05$) yang menunjukkan bahwa berdasarkan uji Box's data nilai kemandirian dan hasil belajar kognitif bersifat homogen. Setelah data implementasi teruji asumsi normal dan homogenitas, maka dapat dilanjutkan analisis uji *General Linear Model* (GLM).

Uji Multikolinearitas

Tabel 3. Hasil Analisis Uji Multikolinearitas dengan VIF

Variabel	VIF
Kemandirian dan Hasil Belajar Kognitif	1,000

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa nilai VIF adalah 1,000 yang menunjukkan bahwa berdasarkan uji multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) data nilai kemandirian dan hasil belajar kognitif tidak terdapat Multikolinearitas.

Uji Hipotesis

Uji *General Linear Model* (GLM) dilakukan untuk mengetahui keefektifan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dalam meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik. Analisis dilakukan menggunakan MANOVA terhadap data *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen, kelas kontras 1, dan kelas kontras 2 yang telah memenuhi uji prasyarat normalitas dan homogenitas. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan, peningkatan, dan efektivitas penggunaan *e-Book* berbasis PBL terhadap kemandirian serta hasil belajar kognitif peserta didik.

Hasil Uji Hipotesis 1

Tabel 4. Hasil Uji Hipotesis 1 Menggunakan Test of Within-Subjects Effect Univariate

<i>Test of within-subjects effect univariate</i>		Variabel	Sig.
Time*Kelas	Greenhouse-Geisser	Kemandirian	0,000
		Hasil Belajar	0,000

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai signifikans *Partial Eta Squared* dalam *Test of Within-Subject Effects* pada variabel kemandirian dan hasil belajar kognitif memiliki nilai lebih kecil dari 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan hasil analisis uji hipotesis 1 melalui *Test of Within-Subject Effects* pada nilai signifikansi *Partial Eta Squared* dapat disimpulkan adanya perbedaan secara simultan skor pretest dan posttest kemandirian dan hasil belajar kognitif pada kelas eksperimen, kontras 1 dan kontras 2.

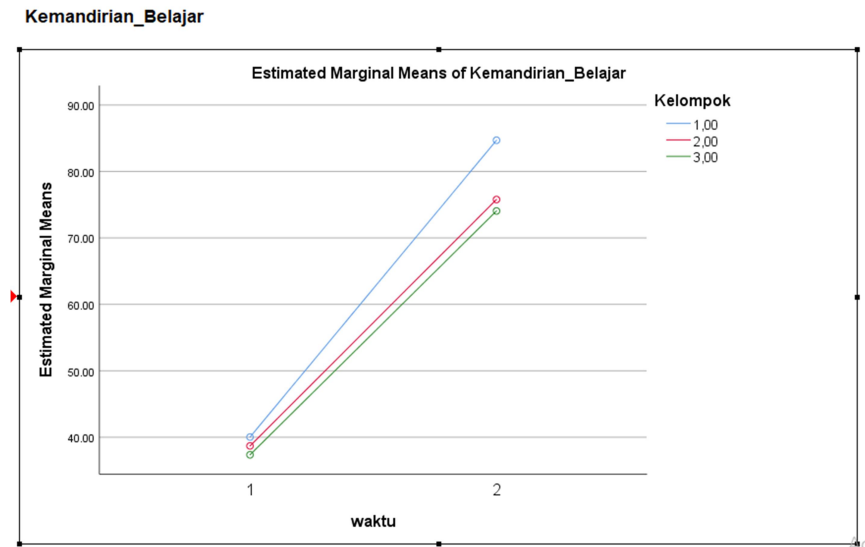
Hasil Uji Hipotesis 2

Tabel 5. Hasil Uji Hipotesis 2 Menggunakan Pairwise Comparisons

Variabel	Kelas	(I) kelompok	(J) kelompok	Mean Difference (I-J)	Sig
Kemandirian	Eksperimen	Pretest	Posttest	5,139	0,006
	Kontras 1	Pretest	Posttest	-5,139	0,006
	Kontras 2	Pretest	Posttest	-11,597	0,000
Hasil Belajar	Eksperimen	Pretest	Posttest	5,125	0,000
	Kontras 1	Pretest	Posttest	-5,125	0,000
	Kontras 2	Pretest	Posttest	-6,653	0,000

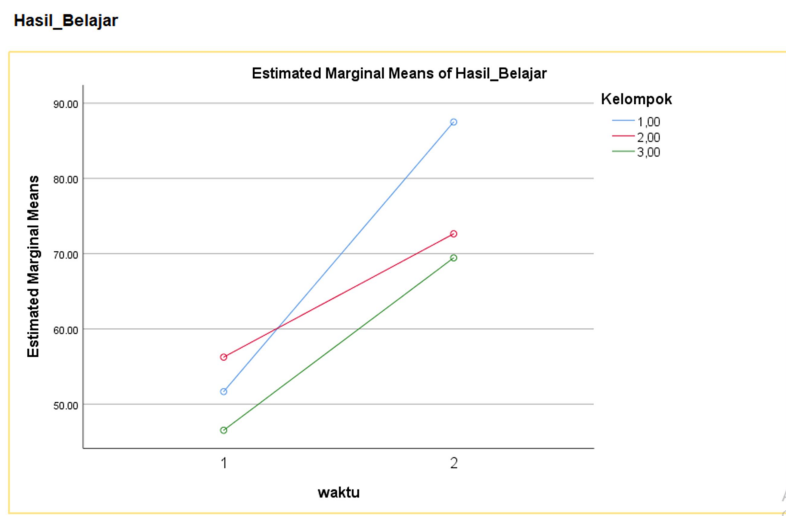
Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat perolehan nilai signifikansi variabel kemandirian dan hasil belajar kelas eksperimen, kontras 1, dan kontras 2 memiliki nilai 0,00 yang dimana lebih kecil dari 0,05 ($0,00 < 0,05$) sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan hasil analisis uji MANOVA pada uji hipotesis 2 menyatakan bahwa adanya peningkatan nilai *pretest-posttest* kemandirian dan hasil belajar pada kelas eksperimen, kontras 1 dan kontras 2. Hal ini juga dapat dilihat nilai *Mean Difference* (MD) *pretest-posttest* kemandirian dan hasil belajar kognitif pada kelas eksperimen, kontras 1 dan kontras 2. Hasil nilai *Mean Difference* (MD) pada variabel kemandirian dan hasil belajar kognitif pada kelas eksperimen, kontras 1, dan kontras 2 nilainya menunjukkan nilai negatif (-) dari skor *pretest* terhadap skor *posttest* yang dapat

diinterpretasikan nilai *posttest* memiliki skor lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *pretest* secara signifikan. Signifikansi peningkatan skor pretest ke posttest kemandirian pada ketiga kelas penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1.1 Hasil Uji Signifikansi Peningkatan Skor Pretest dan Posttest Variabel kemandirian

Berdasarkan Gambar 1, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan skor *pretest* dan *posttest* kemandirian yang paling signifikan dibandingkan kelas lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) lebih efektif dalam meningkatkan kemandirian belajar peserta didik dibandingkan *e-Book* Kemendikbud berbentuk PDF maupun media pembelajaran yang biasa digunakan guru. Perbedaan hasil juga dipengaruhi oleh kondisi jadwal pelaksanaan *pretest* dan *posttest*, di mana peserta didik yang mengerjakan tes pada jam pelajaran awal cenderung lebih fokus dan termotivasi dibandingkan pada jam terakhir. Meskipun demikian, nilai *posttest* kelas eksperimen tetap memperoleh hasil tertinggi sehingga menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* berbasis PBL memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan kemandirian belajar peserta didik.



Gambar 2. Hasil Uji Signifikansi Peningkatan Skor Pretest dan Posttest Variabel Hasil Belajar Kognitif

Berdasarkan Gambar 2, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan skor *pretest-posttest* hasil belajar kognitif yang lebih signifikan dibandingkan kelas kontras 1 dan kontras 2 berdasarkan nilai *Mean Difference* (MD). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik dibandingkan *e-Book* Kemendikbud berbentuk PDF maupun media pembelajaran yang biasa digunakan guru. Berdasarkan analisis nilai signifikansi dan *Mean Difference* (MD), dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan signifikan pada skor *pretest* dan *posttest* kemandirian serta hasil belajar kognitif pada seluruh kelas penelitian, sedangkan perbandingan perbedaan skor antar kelompok dianalisis melalui *Post Hoc Test*.

Uji *Post Hoc Test*

Tabel 6. Hasil Uji Hipotesis 2 menggunakan Post Hoc Test

Variabel	(I) Kelompok	(J) Kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Kemandirian	Eksperimen	Kontras 1	1,5278	0,56002	0,000
		Kontras 2	6,6528	0,56002	0,000
	Kontras 1	Eksperimen	-5,1250	0,56002	0,000
		Kontras 2	1,5278	0,56002	0,022
	Kontras 2	Eksperimen	-6,6528	0,56002	0,000
		Kontras 1	-1,5278	0,56002	0,022
Hasil belajar kognitif	Eksperimen	Kontras 1	5,1389	1,61923	0,006
		Kontras 2	11,5972	1,61923	0,000
	Kontras 1	Eksperimen	-5,1389	1,61923	0,006
		Kontras 2	6,4583	1,61923	0,000
	Kontras 2	Eksperimen	-11,5972	1,61923	0,000
		Kontras 1	-6,4583	1,61923	0,000

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kemandirian peserta didik antara kelas eksperimen dengan kelas kontras 1 dan kelas kontras 2 yang ditunjukkan melalui nilai *Mean Difference*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada kelas eksperimen memberikan pengaruh yang lebih tinggi terhadap kemandirian belajar peserta didik dibandingkan media pembelajaran pada kelas kontras. Selain itu, hasil belajar kognitif peserta didik pada kelas eksperimen juga menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan kelas kontras, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik dibandingkan media pembelajaran lainnya.

Uji Efektifitas Produk *E-book* Materi Gelombang Bunyi

Tabel 7. Hasil Uji Hipotesis 1 Menggunakan Test of Within-Subject Effects

<i>Test of within-subjects effect univariate</i>		Variabel	Nilai
Kelompok	<i>Partial Eta Squared</i>	Kemandirian	0,454
		Hasil belajar kognitif	0.337

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat bahwa ketiga kelas penelitian menunjukkan tingkat efektifitas pada kategori *Large Effect Size*. Dari ketiga kelas penelitian yang memiliki nilai *Partial Eta Squared* terbesar 0,454 pada kemandirian dan 0,337 pada hasil belajar kognitif. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL yang paling efektif untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik dibandingkan dengan menggunakan produk *e-Book* Kemendikbud dan produk yang biasa digunakan oleh guru (modul ajar PPT dan LKPD). Sehingga jika diputuskan penggunaan produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL memiliki keefektifan yang baik dengan tingkat “*Large Effect Size*” untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan menggunakan produk *e-Book* Kemendikbud dengan dan produk yang biasa digunakan guru (modul ajar, PPT, dan LKPD).

Hasil Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahapan evaluasi penelitian ini bertujuan untuk menilai kualitas produk *e-Book* dan proses pembelajaran baik sebelum dan setelah melakukan implementasi menggunakan produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif. Tahapan evaluasi menjadi tahapan terakhir pada pengembangan produk *e-Book* sehingga ditahap ini akan dilakukan penilaian produk yang dikembangkan berdasarkan ketercapaian tujuan pengembangan dan menghasilkan produk akhir *e-Book* yang telah dikembangkan. Hasil tahapan evaluasi didasarkan pada analisis kelayakan, keterbacaan, keefektifan, peningkatan kemandirian dan hasil belajar kognitif dalam penggunaan produk *e-Book* yang dikembangkan.

Berdasarkan hasil pengembangan, produk *e-Book* dinyatakan layak oleh ahli dosen dan guru fisika namun dengan beberapa revisi melalui saran dan masukan. Setelah *e-Book* direvisi lebih sempurna berdasarkan masukan validator, *e-Book* yang dikembangkan juga teruji keterbacaannya dengan kategori Baik oleh peserta didik. Berikutnya, produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL telah berhasil diimplementasikan di kelas untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik dalam pembelajaran fisika dengan sumbangan efektifitas produk kategori *Large Effect Size* dan peningkatan skor *pretest* ke *posttest* yang signifikan. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa produk *e-Book* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan pengembangan yang ditetapkan dan dihasilkan sebuah produk akhir *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL yang dapat meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik secara efektif pada pembelajaran fisika di sekolah.

Revisi Produk

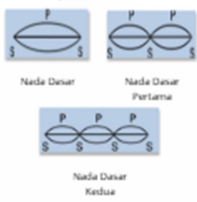
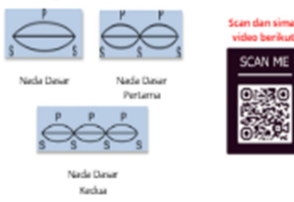
1. Revisi Produk *E-Book*

Revisi produk *e-Book* fisika diperoleh saran dan masukan pada angket validasi ahli media dan materi oleh validator yang meliputi dosen ahli dan guru fisika serta dari proses keterbacaan dan implementasi produk.

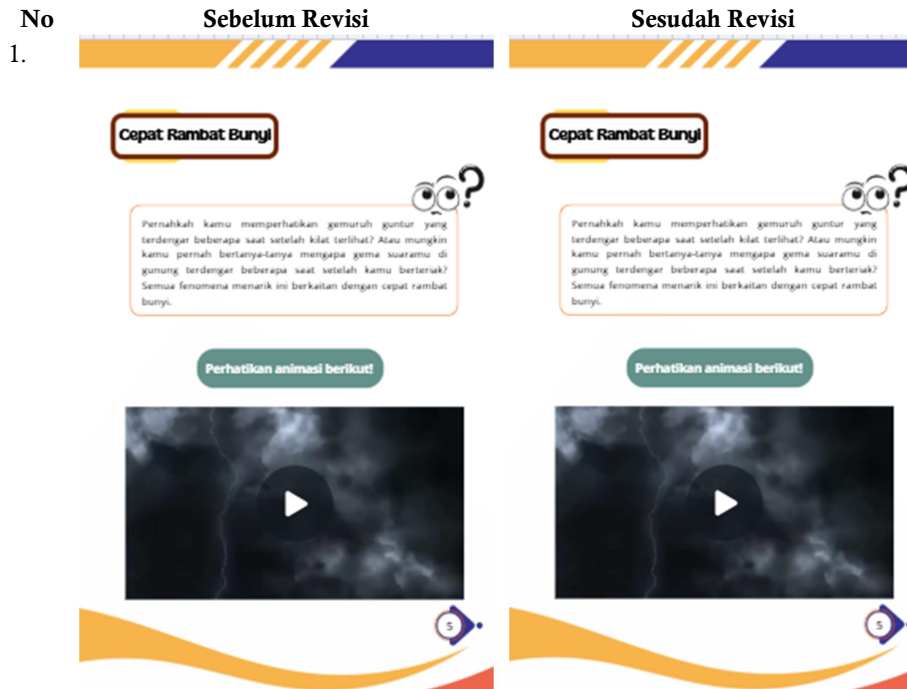
Tabel 8. Revisi Produk E-Book

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
.	PETA KONSEPI 	MATERI PEMBELAJARAN 

Saran perbaikan: Tampilan pada halaman peta konsep diganti materi pembelajaran

2.	Sumber Bunyi A. Dawai Dawai merupakan alat getas yang biasa ditemukan pada alat musik seperti gitar. Nada yang dihasilkan pada gitar akan berbeda-beda sesuai dengan bagian yang dipetik pada senar. Satu senar dalam gitar dapat mengeluarkan berbagai frekuensi resonansi dengan pola tertentu. Pola gelombang paling sederhana dinamakan nada dasar, kemudian dilanjutkan dengan nada atas 1, nada atas 2, nada atas 3, dan seterusnya.  Nada Dasar Nada Dasar Pertama Nada Dasar Kedua Perbandingan frekuensi-frekuensi resonansi yang terjadi pada dawai, dapat dituliskan sebagai berikut: $f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$	Sumber Bunyi A. Dawai Dawai merupakan alat getas yang biasa ditemukan pada alat musik seperti gitar. Nada yang dihasilkan pada gitar akan berbeda-beda sesuai dengan bagian yang dipetik pada senar. Satu senar dalam gitar dapat mengeluarkan berbagai frekuensi resonansi dengan pola tertentu. Pola gelombang paling sederhana dinamakan nada dasar, kemudian dilanjutkan dengan nada atas 1, nada atas 2, nada atas 3, dan seterusnya.  Nada Dasar Nada Dasar Pertama Nada Dasar Kedua Perbandingan frekuensi-frekuensi resonansi yang terjadi pada dawai, dapat dituliskan sebagai berikut: $f_0 : f_1 : f_2 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$
----	--	---

Saran perbaikan: Pada halaman materi petunjuk simak dan scan video diganti petunjuk simak dan scan video berikut!



Saran perbaikan: Tampilan pada halaman materi pembelajaran pada animasi video kilat dan petir sebelumnya tidak disertai bunyi petir kemudian direvisi videonya disertai bunyi petir

2. Revisi Modul Ajar

Revisi modul ajar dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan saran dan masukan yang diberikan pada angket validasi modul ajar oleh dosen ahli dan guru. Hasil perbaikan modul ajar yang dikembangkan dapat ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Revisi Modul Ajar

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	H. Media, Alat dan Sumber Belajar Media : Lembar Kerja Peserta Didik, E-book Alat dan Bahan : LCD, Proyektor, Laptop, GawaiHP, Papan tulis Sumber Belajar : Subagya, Hari.2016. <i>Konsep dan Penerapan Fisika untuk SMA/MA Kelas X Kurikulum 2013 Edisi Revisi 2016 Kelompok Peminatan MIPA</i>. Yogyakarta: PT. Bumi Aksara eModul "Fisika_Kelas-X_Gerak-Lurus" Direktorat SMA.	H. Media, Alat dan Sumber Belajar Media : Lembar Kerja Peserta Didik, E-book Alat dan Bahan : LCD, Proyektor, Laptop, GawaiHP, Papan tulis Sumber Belajar : Subagya, Hari.2016. <i>Konsep dan Penerapan Fisika untuk SMA/MA Kelas X Kurikulum 2013 Edisi Revisi 2016 Kelompok Peminatan MIPA</i>. Yogyakarta: PT. Bumi Aksara eModul "Fisika_Kelas-X_Gerak-Lurus" Direktorat SMA, Video Youtube, Buku yang relevan

Saran perbaikan: Sebaiknya pada media, alat dan sumber belajar ditambahkan video youtube, dan buku relevan

No

Sebelum Revisi

2.

N. Asesmen

Jenis Penilaian	Teknik Penilaian	Instrumen Penilaian	Waktu Pelaksanaan
Penilaian proses pembelajaran	Observasi	Lembar Observasi	Saat pembelajaran berlangsung
Penilaian sikap	Observasi	Lembar observasi	Saat pembelajaran berlangsung
Penilaian sikap	Tes Tulis	LKPD	Di akhir pembelajaran
Self Assessment	Tes Tulis	Lembar tes tertulis	Di akhir pembelajaran

Sesudah Revisi

N. Asesmen

Jenis Penilaian	Teknik Penilaian	Instrumen Penilaian	Waktu Pelaksanaan
Penilaian proses pembelajaran	Observasi	Lembar Observasi	Saat pembelajaran berlangsung
Kemandirian	Survei	Angket kemandirian	Sebelum dan sesudah pembelajaran
Hasil belajar	Tes Tulis	Soal Pre-test dan Post-test	Di awal dan akhir pembelajaran
Kemandirian	Tes Tulis	Lembar refleksi	Di akhir pembelajaran

Saran perbaikan: Pada Assesment jenis penilaian sikap diganti kemandirian, tehnik obeservasi diganti survei, lembar observasi diganti angket kemandirian, waktu pelaksanaan diganti sebelum dan sesudah pembelajaran

3. Revisi LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)

Revisi lembar kerja peserta didik dilakukan berdasarkan hasil saran dan masukan yang diberikan oleh dosen ahli dan guru dalam memberikan penilaian pada validasi LKPD. Hasil perbaikan LKPD pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Revisi LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)

No

Sebelum Revisi

Sesudah Revisi

1.

Lembar Kerja Peserta Didik

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu mengetahui dampak perbedaan volume air pada suara yang dihasilkan

Lembar Kerja Peserta Didik
Karakteristik Bunyi

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu

Saran perbaikan: LKPD sebaiknya diberi keterangan secara spesifik atau di beri judul

2.

Lembar Kerja Peserta Didik

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu mengetahui dampak perbedaan volume air pada suara yang dihasilkan

Lembar Kerja Peserta Didik
Pipa Organa

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu membedakan karakteristik bunyi pada pipa organa terbuka dan pipa organa

Saran perbaikan: LKPD sebaiknya diberi keterangan secara spesifik atau di beri judul

3.

Lembar Kerja Peserta Didik

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu mengetahui dampak perbedaan volume air pada suara yang dihasilkan

Lembar Kerja Peserta Didik
Efek Doppler

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.
Tujuan Pembelajaran
1. Peserta didik melalui pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) mampu mendeskripsikan fenomena seperti efek Doppler

Saran perbaikan: LKPD sebaiknya diberi keterangan secara spesifik atau di beri judul

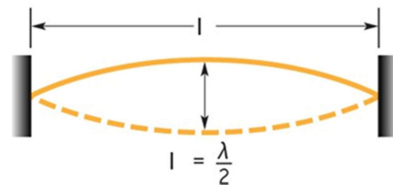
4. Revisi Instrumen Tes

Revisi instrumen tes pada penelitian ini dilakukan berdasarkan dari hasil validitas isi butir soal oleh dosen ahli dan guru fisika melalui angket validitas isi kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik. Hasil revisi instrumen tes ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Revisi Instrumen Tes Hasil Belajar Kognitif

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1	SOAL PRETEST Seorang penonton saat lomba balap mobil mendengar bunyi (deru mobil) yang berbeda, ketika mobil mendekat dan menjauh. Rata-rata mobil balap mengeluarkan bunyi 800 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s dan kecepatan mobil 20 m/s, hitunglah frekuensi yang didengar saat mobil mendekat Saran perbaikan: pada soal no 1 kata saat diganti pada	SOAL PRETEST Seorang penonton pada lomba balap mobil mendengar bunyi (deru mobil) yang berbeda, ketika mobil mendekat dan menjauh. Rata-rata mobil balap mengeluarkan bunyi 800 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara 340 m/s dan kecepatan mobil 20 m/s, hitunglah frekuensi yang didengar saat mobil mendekat
2	Perhatikan gambar 1. di bawah ini! Dawai pada gitar adalah bagian instrumen yang berperan penting dalam menghasilkan bunyi yang kita dengar.	Perhatikan gambar 1. di bawah ini! Dawai pada gitar adalah bagian instrumen yang berperan penting dalam menghasilkan bunyi yang kita dengar.
	 Gambar 1. Dawai gitar Sumber: zonabanten.pikiran-rakyat.com/ Dawai pada gitar terbuat dari material seperti baja atau nilon, tergantung pada jenis gitar yang digunakan. Ketika kita menggetarkan atau menarik dawai pada gitar, dawai tersebut akan bergetar dan menghasilkan gelombang bunyi. Setiap dawai akan menghasilkan bunyi yang berbeda. Konsep dawai pada gelombang bunyi berkaitan dengan bagaimana dawai pada gitar menghasilkan bunyi. Ketika dawai digetarkan, gelombang mekanik terbentuk di sepanjang dawai. Gelombang ini adalah gelombang longitudinal, artinya getaran bergerak sejalan dengan arah perambatan bunyi. Dalam konsep gelombang bunyi, beberapa istilah yang berkaitan dengan dawai pada gitar adalah frekuensi, panjang gelombang, dan harmonik.	 Gambar 1. Dawai gitar Sumber: zonabanten.pikiran-rakyat.com/ Dawai pada gitar terbuat dari material seperti baja atau nilon, tergantung pada jenis gitar yang digunakan. Ketika kita menggetarkan atau menarik dawai pada gitar, dawai tersebut akan bergetar dan menghasilkan gelombang bunyi. Setiap dawai akan menghasilkan bunyi yang berbeda. Konsep dawai pada gelombang bunyi berkaitan dengan bagaimana dawai pada gitar menghasilkan bunyi. Ketika dawai digetarkan, gelombang mekanik terbentuk di sepanjang dawai. Gelombang ini adalah gelombang longitudinal, artinya getaran bergerak sejalan dengan arah perambatan bunyi. Dalam konsep gelombang bunyi, beberapa istilah yang berkaitan dengan dawai pada gitar adalah frekuensi, panjang gelombang, dan harmonik. Perhatikan gambar 2. di bawah ini!

Perhatikan gambar 2. di bawah ini!
Harmoni Pertama



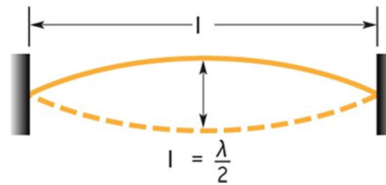
Gambar 2. Nada dasar dawai

Gambar 2. merupakan gelombang bunyi yang terbentuk dari harmoni pertama atau nada dasar pada dawai. Gelombang tersebut membentuk dua simpul dan satu perut, maka pada gelombang ini terbentuk $1/2$ panjang gelombang. Dalam hal ini, maka panjang dawai adalah sama dengan $1/2$ panjang gelombang yang terbentuk. Kembali kita mengingat pada gelombang mekanik, kita mengetahui kecepatan berbdaning lurus dengan panjang gelombang dan frekuensi ($v = f \times \lambda$).

Berdasarkan bacaan di atas, bagaimana persamaan dalam menentukan frekuensi nada dasar pada dawai?

Saran perbaikan: Pada soal no 2 kata dalam hal ini, maka panjang dawai di ganti kata dalam hal ini, panjang dawai saat diganti pada

Harmoni Pertama



Gambar 2. Nada dasar dawai

Gambar 2. merupakan gelombang bunyi yang terbentuk dari harmoni pertama atau nada dasar pada dawai. Gelombang tersebut membentuk dua simpul dan satu perut, maka pada gelombang ini terbentuk $1/2$ panjang gelombang. Dalam hal ini, panjang dawai adalah sama dengan $1/2$ panjang gelombang yang terbentuk. Kembali kita mengingat pada gelombang mekanik, kita mengetahui kecepatan berbdaning lurus dengan panjang gelombang dan frekuensi ($v = f \times \lambda$).

Berdasarkan bacaan di atas, bagaimana persamaan dalam menentukan frekuensi nada dasar pada dawai?

No	Sebelum revisi	Sesudah revisi
1	SOAL POSTTEST Seorang pendengar 1 dan pendengar 2 mendengar suara konser yang diadakan di GOR Agus Salim dari sumber bunyi dengan jarak masing-masing 1 m dan 10 m. Jika intensitas bunyi yang terdengar oleh pendengar 1 dari sumber bunyi sebesar 10-12 Wm dan intensitas ambang yang digunakan adalah 10-12 Wm, maka perbdaningan taraf intensitas yang terdengar oleh pendengar 1 dan pendengar 2. Saran perbaikan: pada soal no 3 ditambahkan kata adalah di akhir kalimat	SOAL POSTTEST Seorang pendengar 1 dan pendengar 2 mendengar suara konser yang diadakan di GOR Agus Salim dari sumber bunyi dengan jarak masing-masing 1 m dan 10 m. Jika intensitas bunyi yang terdengar oleh pendengar 1 dari sumber bunyi sebesar 10-12 Wm dan intensitas ambang yang digunakan adalah 10-12 Wm, maka perbdaningan taraf intensitas yang terdengar oleh pendengar 1 dan pendengar 2 adalah....
2	Pipa organa terbuka yang memiliki panjang 80 cm degan 5 perut menghasilkan nada yang sama tinggi dengan nada dari pipa organa tertutup dengan 4 simpul. Jika cepat rambat bunyi pada pipa organa terbuka sama dengan cepat rambat bunyi pada pipa organa tertutup, hitunglah panjang pipa organa tertutup. Saran perbaikan: Pada soal no 5 kata degan diganti kata dengan karena kesalahan penulisan kata	Pipa organa terbuka yang memiliki panjang 80 cm dengan 5 perut menghasilkan nada yang sama tinggi dengan nada dari pipa organa tertutup dengan 4 simpul. Jika cepat rambat bunyi pada pipa organa terbuka sama dengan cepat rambat bunyi pada pipa organa tertutup, hitunglah panjang pipa organa tertutup.

Kajian Produk Akhir

1. Desain *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL

Produk pengembangan dalam penelitian ini berupa media pembelajaran *e-Book* berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang dirancang untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik. Penggunaan model pembelajaran PBL dipilih karena dinilai mampu meningkatkan kemandirian belajar peserta didik serta sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan berpusat pada peserta didik (Aulia *et al.*, 2019; Hartatik, 2023). Produk *e-Book* dikembangkan dengan karakteristik dapat diakses melalui internet menggunakan *smartphone* maupun perangkat lain, menyajikan permasalahan yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, memuat gambar dan video interaktif, serta dilengkapi asesmen pembelajaran. Susunan materi dalam *e-Book* disesuaikan dengan sintaks PBL yang meliputi orientasi masalah, mengorganisasikan peserta didik, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta menganalisis dan mengevaluasi masalah. Selain itu, *e-Book* terdiri atas beberapa bagian, yaitu *cover*, kata pengantar, daftar isi, tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan, materi pembelajaran, LKPD, asesmen, referensi, dan profil penulis. Pengembangan *e-Book* ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa *e-Book* berbasis PBL mampu meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik (Siswanto *et al.*, 2016; Yunita & Hamdi, 2019).

Produk akhir *e-Book* dikembangkan berdasarkan Kurikulum Merdeka dengan materi gelombang bunyi yang terdiri atas subbab karakteristik bunyi, pipa organa, dan efek Doppler. Dalam pengembangannya, produk divalidasi oleh 2 dosen dan 3 guru fisika untuk menilai aspek materi dan media sehingga diperoleh saran dan masukan sebagai dasar revisi produk. Selanjutnya, *e-Book* diuji keterbacaannya oleh peserta didik dari kelompok kemampuan rendah, sedang, dan tinggi untuk mengetahui kemudahan penggunaan produk dalam pembelajaran fisika. Implementasi produk dilakukan kepada 108 peserta didik menggunakan desain *pretest-posttest control group design* yang terdiri atas kelas eksperimen dan dua kelas kontras. Kelas eksperimen menggunakan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL, kelas kontras 1 menggunakan *e-Book* Kemendikbud, sedangkan kelas kontras 2 menggunakan media pembelajaran yang biasa digunakan guru seperti *PowerPoint*, modul ajar, dan LKPD. Hasil implementasi diperoleh melalui angket, nilai *pretest*, dan *posttest* untuk mengukur kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik. Instrumen penelitian yang digunakan telah memenuhi validitas isi dan validitas empiris, sedangkan hasil implementasi menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL memiliki efektivitas dengan kategori *Large Effect Size* sehingga dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik.

2. Kelayakan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL

Kelayakan produk pengembangan dinilai oleh validator teoretis dan validator praktisi melalui angket validasi berdasarkan aspek isi materi, tampilan visual, dan kebahasaan. Hasil penilaian menunjukkan bahwa produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) memperoleh kriteria sangat layak digunakan dalam pembelajaran fisika. Kelayakan produk didukung oleh kelengkapan materi gelombang bunyi sesuai jenjang sekolah menengah atas, tampilan visual yang menarik, serta penyajian media pembelajaran yang variatif seperti gambar, ilustrasi, video pembelajaran, dan uraian masalah yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Selain itu, penggunaan model pembelajaran PBL dinilai mampu meningkatkan kemandirian dan hasil belajar peserta didik, sebagaimana didukung oleh penelitian sebelumnya

(Sari, 2019). Dengan demikian, *e-Book* berbasis PBL yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan untuk meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik.

3. Kepraktisan *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis PBL

Produk pengembangan yang telah dikembangkan juga dinilai dari aspek kepraktisannya berdasarkan penilaian peserta didik saat menggunakan *e-Book* dalam pembelajaran. Penilaian dilakukan oleh 36 peserta didik dari kelas eksperimen berdasarkan aspek materi, desain, dan media. Hasil penilaian menunjukkan bahwa *e-Book* berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dinyatakan praktis digunakan dalam pembelajaran fisika. Kepraktisan produk didukung oleh adanya petunjuk penggunaan yang memudahkan peserta didik dalam mengoperasikan *e-Book*, penyajian masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, serta penyusunan materi berdasarkan sintaks PBL yang mampu menarik perhatian peserta didik selama pembelajaran. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *e-Book* berbasis PBL mampu meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik. Selain itu, efektivitas produk diuji menggunakan tiga kelompok penelitian, yaitu kelas eksperimen yang menggunakan *e-Book* hasil pengembangan, kelas kontras 1 yang menggunakan *e-Book* Kemendikbud, dan kelas kontras 2 yang menggunakan *PowerPoint*, modul ajar, dan LKPD yang biasa digunakan guru. Hasil analisis menggunakan MANOVA melalui *Hotelling's Trace* dan *Pairwise Comparisons* menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar kelompok, di mana kelas eksperimen memperoleh peningkatan kemandirian dan hasil belajar kognitif yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontras 1 dan kelas kontras 2.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa produk *e-Book* materi gelombang bunyi berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang dikembangkan dinyatakan layak, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemandirian serta hasil belajar kognitif peserta didik SMA. Kelayakan produk ditunjukkan melalui hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media yang memperoleh kategori sangat baik, sedangkan kepraktisan produk ditunjukkan melalui respon positif peserta didik selama penggunaan *e-Book* dalam pembelajaran. Selain itu, hasil implementasi menunjukkan bahwa penggunaan *e-Book* berbasis PBL mampu meningkatkan kemandirian dan hasil belajar kognitif peserta didik secara signifikan dibandingkan media pembelajaran lainnya, sehingga produk yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran fisika yang mendukung pelaksanaan pembelajaran sesuai Kurikulum Merdeka.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, L. N., Susilo, S., dan Subali, B. (2019). Upaya peningkatan kemandirian belajar siswa dengan model *problem-based learning* berbantuan media Edmodo *Efforts to increase student self-regulated learning with problem-based learning model use Edmodo*. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 69–78.
- Baužienė, Z., & Vosyliūtė, A. (2014). *Independent learning within the context of higher education*. *Journal of International Scientific Publications*, 12, 588-598.
- Bibbings, H., Bieluga, P., & Mills, C. (2018). *Enhancing creativity and independent learning of architectural technology students through the use of a real life design competition module*. *Archnet-IJAR*, 12(1), 376-387.

- Faisol, A. A. (2018). Pengaruh penggunaan e-book sebagai sumber belajar sejarah terhadap prestasi belajar siswa Kelas X IPA Madrasah Aliyah Negeri 2 Kota Probolinggo (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang).
- Hartatik, S. (2023). Penerapan Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Motivasi Dan Hasil Belajar Peserta Didik Sesuai Kurikulum Merdeka. *VOCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan*, 2(4), 335–346. <https://doi.org/10.51878/vocational.v2i4.1868>
- Kopzhassarova, U., Akbayeva, G., Eskazinova, Z., Belgibayeva, G., dan Tazhikeyeva, A. (2016). *Enhancement of Students' Independent Learning through Their Critical Thinking Skills Development. International Journal of Environmental and Science Education*, 11(18), 11585-11592.
- Mallu, S., Effendi, E., Jahring, J., Yulianti, R., Salam, S., Soraya, S., ... & Jaya, I. (2024). *Problem-Based Learning dalam Kurikulum Merdeka*. Penerbit Mifandi Mandiri Digital, 1(01).
- Maritsa, A., Salsabila, U. H., Wafiq, M., Anindya, P. R., & Ma'shum, M. A. (2021). Pengaruh teknologi dalam dunia pendidikan. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian Dan Kajian Sosial Keagamaan*, 18(2), 91-100.
- Muhtarom, T. (2024). Dampak teknologi informasi terhadap pendidikan karakter di Indonesia. *Journal Innovation In Education*, 2(3), 80-89.
- Munadi, Y. (2008). *Media Pembelajaran*. Gaung Persada Press.
- Moto, M. M. (2019). Pengaruh penggunaan media pembelajaran dalam dunia pendidikan. *Indonesian journal of primary education*, 3(1), 20-28.
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad Ke-21 Dalam Pembelajaran
- Sanaky, H. . A. . (2013). *Media Pembelajaran Interaktif-Inovatif*. Kaukaba.
- Sari, R. I. (2019). Analisis Tingkat Kemandirian Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Fisika Kelas XII MAN 1 Batang Hari. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5(2), 296–304. <https://doi.org/10.29303/jpft.v5i2.1436>
- Siswanto, Yusiran, dan Fajarudin, M. F. (2016). Keterampilan Proses Sains dan Kemandirian Belajar Siswa: Profil dan Setting Pembelajaran untuk Melatihkannya. *Gravity*, 2(2), 190–202.
- Yasin, M., Kelrey, F., Ghony, M. A., Syaiful, M., Karuru, P., Pertiwi, A., ... & Aryanti, N. (2023). *Media Pembelajaran Inovatif: Menerapkan Media Pembelajaran Kreatif untuk Menyongsong Pendidikan di Era Society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Yunita, R. A., dan Hamdi. (2019). Analisis Kemandirian Belajar Siswa sebagai Dasar Pengembangan Buku Elektronik (e-book) Fisika Terintegrasi Edupark. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*.