

PENINGKATAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI GELOMBANG BUNYI MELALUI E-MODUL BERBASIS WEB

Erika Dira Rojwa¹, Muhammad Habibullo²

¹Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya

²Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya

Alamat e-mail: 1erikadirra@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan mengembangkan E-Modul berbasis web pada materi Efek Doppler untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi *tahap analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Uji coba terbatas dilakukan pada 35 peserta didik kelas XI. Kualitas produk dievaluasi berdasarkan kriteria validitas, kepraktisan, dan keefektifan menggunakan instrumen lembar validasi, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, serta tes *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase dan skor N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web memperoleh persentase validitas sebesar 94,55% dengan kategori sangat valid. Tingkat kepraktisan berdasarkan observasi keterlaksanaan pembelajaran mencapai 93,52%, sedangkan respons peserta didik memperoleh persentase 86,93%, keduanya termasuk kategori sangat praktis. Keefektifan produk ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,72 yang berada pada kategori tinggi, dengan persentase keefektifan sebesar 96%. Selain itu, seluruh indikator keterampilan berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi, mengalami peningkatan setelah penggunaan E-Modul. Berdasarkan hasil tersebut, E-Modul berbasis web dinyatakan valid, praktis, dan efektif sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi Efek Doppler.

Kata Kunci: E-Modul berbasis web, Efek Doppler, Keterampilan berpikir kritis, ADDIE, penelitian pengembangan

ABSTRAK

This study aims to develop a web-based e-module on the Doppler effect to enhance students' critical thinking skills. The study employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. A limited pilot test was conducted on 35 eleventh grade students. The quality of the product was evaluated based on the criteria of validity, practicality, and effectiveness using a validation sheet, a lesson implementation observation sheet, a student response questionnaire, as well as pretest and posttest assessments. Data were analyzed using quantitative descriptive methods, including percentages and N-Gain scores. The results showed that the web-based e-module achieved a validity percentage of

94.55%, falling into the “highly valid” category. The practicality level, based on observations of learning implementation, reached 93.52%, while student feedback achieved a percentage of 86.93%; both fall into the “highly practical” category. The product’s effectiveness was demonstrated by an average N-Gain score of 0.72, which falls into the “high” category, with an effectiveness percentage of 96%. In addition, all indicators of critical thinking skills namely, interpretation, analysis, evaluation, inference, and explanation showed improvement after the use of the E-Module. Based on these results, the web-based E-Module was deemed valid, practical, and effective, making it suitable for use as a learning medium to improve.

Keywords: Web-based e-modules, Doppler effect, critical thinking skills, ADDIE, development research

Catatan : Nomor HP tidak akan dicantumkan, namun sebagai fast respon apabila perbaikan dan keputusan penerimaan jurnal sudah ada.

A. Pendahuluan

Perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki berbagai kompetensi esensial yang yang dikenal sebagai keterampilan 6C, berpikir kritis (*critical thinking*), kreativitas (*creativity*), komunikasi (*communication*), kolaborasi (*collaboration*), karakter (*character*), dan kewarganegaraan (*citizenship*). Keempat keterampilan tersebut menjadi tuntutan penting dalam proses pembelajaran masa kini (Sumarni dkk., 2024). Di antara keenam kompetensi tersebut, keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu kemampuan yang sangat penting karena memungkinkan peserta didik menganalisis informasi, mengevaluasi berbagai alternatif penyelesaian masalah, serta

mengambil keputusan secara rasional berdasarkan bukti (Zalsabila, A., 2025). Penguasaan keterampilan berpikir kritis tidak hanya diperlukan dalam proses pembelajaran, tetapi juga menjadi bekal penting bagi peserta didik dalam menghadapi tantangan kehidupan dan dunia kerja yang semakin kompleks (Nugraha Ady dkk., 2024).

Dalam pembelajaran fisika, keterampilan berpikir kritis diperlukan agar peserta didik mampu memahami konsep sekaligus mengaitkannya dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Namun, materi gelombang bunyi masih menjadi salah satu materi yang sulit dipahami karena peserta didik mengalami miskonsepsi mengenai konsep perambatan bunyi serta kesulitan menerapkan konsep dalam

penyelesaian masalah (Batlolona & Jamaludin, 2024). Penelitian Khumairo dkk., (2021) dan Suka, (2023) juga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi masih tergolong rendah. Temuan tersebut sejalan dengan hasil observasi di salah satu SMA yang menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah dengan penggunaan media yang terbatas pada buku teks dan presentasi sederhana. Kondisi ini menyebabkan peserta didik lebih cenderung menghafal rumus daripada memahami konsep, sehingga mengalami kesulitan dalam menganalisis permasalahan, menghubungkan konsep dengan fenomena sehari-hari, dan memberikan alasan yang logis terhadap jawaban yang disampaikan.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui penggunaan media pembelajaran berbasis multimedia. Menurut Mayer (2009), multimedia yang memadukan teks, gambar, video, animasi, dan audio mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam. Media berbasis web juga

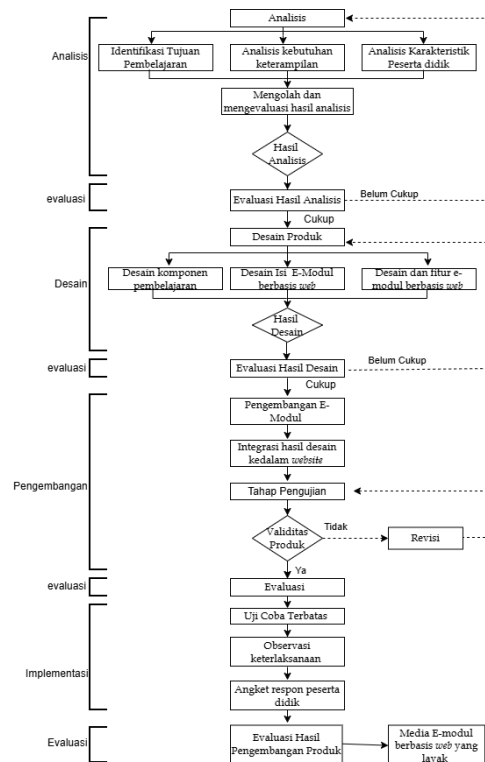
memberikan kemudahan akses, fleksibilitas, dan memungkinkan integrasi berbagai fitur interaktif yang dapat mendukung pembelajaran fisika (Nababan dkk., 2023)

Beberapa penelitian telah mengembangkan E-Modul berbasis web dan menunjukkan bahwa media tersebut valid, praktis, serta berpotensi meningkatkan hasil belajar maupun keterampilan berpikir kritis peserta didik (Novitasari & Risdianto, 2022). Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus mengembangkan E-Modul berbasis web pada materi gelombang bunyi yang mengintegrasikan indikator keterampilan berpikir kritis secara sistematis dalam setiap aktivitas pembelajaran. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan E-Modul berbasis web pada materi gelombang bunyi yang dirancang untuk mengintegrasikan aktivitas pembelajaran, simulasi, dan evaluasi berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan E-Modul berbasis web yang tidak hanya menyajikan materi secara interaktif, tetapi juga secara sistematis memfasilitasi pengembangan

keterampilan berpikir kritis peserta didik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui penggunaan E-Modul berbasis web pada materi gelombang bunyi.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang bertujuan mengembangkan E-Modul berbasis web pada materi gelombang bunyi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas XI SMA. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

Berdasarkan alur penelitian, pada tahap analisis dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi, wawancara, dan angket. Tahap design meliputi penyusunan perangkat pembelajaran dan rancangan E-Modul berbasis web. Tahap development menghasilkan produk yang divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru fisika. Tahap implementation dilakukan melalui uji coba terbatas kepada peserta didik kelas XI, sedangkan tahap evaluation dilakukan berdasarkan hasil validasi dan uji coba untuk menyempurnakan produk. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi produk, lembar observasi

keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, serta tes keterampilan berpikir kritis berupa pretest dan posttest. Data dikumpulkan melalui teknik validasi, observasi, angket, dan tes.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui validitas, kepraktisan, dan keefektifan E-Modul. Data validitas dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase berdasarkan skor penilaian validator, observasi, dan angket respons peserta didik. Keefektifan E-Modul dianalisis menggunakan skor N-Gain yang diperoleh dari hasil pretest dan posttest untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. E-Modul dinyatakan layak apabila memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang menghasilkan produk berupa E-Modul berbasis web pada materi gelombang bunyi, khususnya konsep Efek Doppler, untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pengembangan dilakukan menggunakan model ADDIE yang meliputi lima tahap, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Uji coba terbatas

melibatkan 35 peserta didik kelas XI. Kelayakan E-Modul berbasis web ditinjau berdasarkan tiga kriteria kualitas menurut (Nieveen, 1999) yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Hasil penelitian pada setiap aspek tersebut disajikan sebagai berikut.

Hasil

Tahap pertama yakni analisis, Tahap analisis dilakukan melalui kajian kurikulum, observasi, wawancara dengan guru fisika, dan penyebaran angket kepada peserta didik. Analisis kurikulum menunjukkan bahwa pembelajaran mengacu pada Kurikulum Merdeka dengan capaian pembelajaran yang tidak hanya menekankan penguasaan konsep, tetapi juga pengembangan keterampilan berpikir kritis. Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah dan penggunaan buku teks sehingga peserta didik mengalami kesulitan memahami konsep gelombang bunyi yang bersifat abstrak, menghubungkan konsep dengan fenomena sehari-hari, serta menyelesaikan soal yang menuntut kemampuan analisis. Hasil angket kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik memerlukan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep gelombang bunyi, mengintegrasikan unsur multimedia, serta membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Sebanyak 71,43% peserta didik menyatakan sangat setuju bahwa media pembelajaran

sebaiknya memadukan teks, gambar, video, dan simulasi, sedangkan 62,86% menyatakan media perlu mengaitkan konsep dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa peserta didik lebih tertarik menggunakan media pembelajaran digital yang interaktif dibandingkan pembelajaran konvensional. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dikembangkan E-Modul berbasis web yang mengintegrasikan materi, video, simulasi, serta aktivitas pembelajaran yang dirancang untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.

Tahap Perancangan

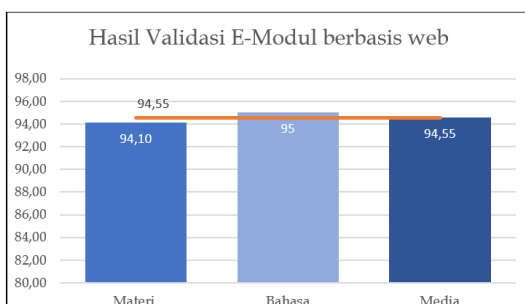
Tahap perancangan dilakukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan dengan menyusun rancangan pembelajaran dan *storyboard* E-Modul berbasis web. Pembelajaran dirancang menggunakan model inkuiri terbimbing pada materi Efek Doppler untuk memfasilitasi pengembangan lima indikator keterampilan berpikir kritis menurut Facione, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi. *Storyboard* disusun sebagai acuan pengembangan alur pembelajaran, struktur materi, navigasi, serta fitur yang akan diimplementasikan pada E-Modul berbasis web. Alur pembelajaran dirancang mengikuti sintaks inkuiri terbimbing yang terdiri atas orientasi masalah, penyajian materi, perencanaan penyelidikan, simulasi interaktif, dan refleksi.

Berdasarkan *storyboard* E-Modul dikembangkan dengan

mengintegrasikan berbagai komponen multimedia berupa teks, gambar, video, simulasi interaktif, dan lembar kerja peserta didik. Selain itu, rancangan media menerapkan prinsip multimedia Mayer melalui penyajian teks dan visual yang saling berdekatan (*spatial contiguity principle*) serta kombinasi berbagai media (*multimedia principle*) untuk mendukung pemahaman konsep dan pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Seluruh rancangan selanjutnya dievaluasi sebelum memasuki tahap pengembangan (*development*).

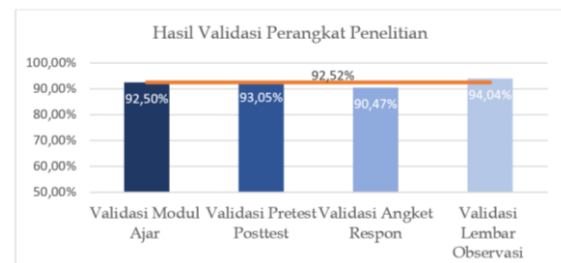
Tahap pengembangan merupakan proses merealisasikan rancangan menjadi produk E-Modul berbasis web pada materi Efek Doppler. Produk dikembangkan menggunakan fitur *Canva Website* dengan mengintegrasikan berbagai komponen multimedia, seperti teks, gambar, video pembelajaran, simulasi interaktif, dan lembar kerja peserta didik. Selain pengembangan media, pada tahap ini juga disusun perangkat pembelajaran yang meliputi modul ajar, LKPD, instrumen validasi, lembar observasi, angket respons peserta didik, serta instrumen *pretest* dan *posttest*. Produk yang telah

dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen Pendidikan Fisika dan satu guru fisika. Validasi dilakukan terhadap aspek materi, media, bahasa, serta perangkat pembelajaran untuk menilai kelayakan produk sebelum diimplementasikan. Hasil validasi menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web memperoleh persentase kevalidan sebesar 94,55% dengan kategori sangat valid. Sementara itu, perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian memperoleh rata-rata persentase sebesar 92,52%, sehingga seluruh perangkat dinyatakan sangat valid dan layak digunakan setelah dilakukan revisi. Ringkasan hasil validasi disajikan pada gambar



Berdasarkan masukan validator, dilakukan beberapa revisi untuk menyempurnakan produk, antara lain penyesuaian ilustrasi dan video agar sesuai dengan konsep Efek Doppler, perbaikan redaksi pada materi dan

LKPD, penyempurnaan penjelasan konsep, serta penambahan menu Perencanaan Penyelidikan untuk memperkuat implementasi model inkuiri terbimbing. Hasil revisi tersebut menghasilkan E-Modul berbasis web yang lebih sesuai dengan tujuan pembelajaran dan siap diimplementasikan pada tahap uji coba.



Tahap Implementasi

Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba terbatas terhadap E-Modul berbasis web yang telah dinyatakan valid. Uji coba dilaksanakan pada tanggal 18 Mei 2026 pada satu kelas XI yang berjumlah 35 peserta didik. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam satu kali pertemuan menggunakan model inkuiri terbimbing. Pada tahap ini dilakukan pemberian pretest, pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis web, posttest, observasi keterlaksanaan pembelajaran, serta penyebaran angket respons peserta didik.

Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa

penggunaan E-Modul berbasis web memperoleh persentase kepraktisan sebesar 93,52% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran dapat terlaksana dengan baik sesuai rancangan, serta media mudah digunakan oleh guru dan peserta didik selama proses pembelajaran.

Respons peserta didik terhadap penggunaan E-Modul berbasis web juga menunjukkan hasil yang sangat positif dengan persentase rata-rata 86,93%. Aspek tampilan media memperoleh skor tertinggi (88,61%), diikuti motivasi belajar (88,00%), materi (86,67%), kemudahan penggunaan (86,00%), dan keterampilan berpikir kritis (85,00%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web dinilai menarik, mudah digunakan, serta mampu mendukung proses pembelajaran dan meningkatkan keterlibatan peserta didik.

Tahap Evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas E-Modul berbasis web dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Evaluasi dilakukan melalui analisis hasil pretest dan posttest, perhitungan N-Gain, serta analisis

peningkatan pada setiap indikator keterampilan berpikir kritis.

Hasil tes menunjukkan adanya peningkatan kemampuan peserta didik setelah menggunakan E-Modul berbasis web. Nilai rata-rata pretest sebesar 34,22 meningkat menjadi 84,22 pada posttest, yang menunjukkan peningkatan hasil belajar setelah pembelajaran menggunakan media yang dikembangkan. Selanjutnya, hasil analisis N-Gain memperoleh nilai rata-rata 0,72 dengan kategori tinggi. Sebanyak 65% peserta didik berada pada kategori tinggi, 33% pada kategori sedang, dan 4% pada kategori rendah. Selain itu, hasil uji keefektifan menunjukkan persentase sebesar 96%, sehingga E-Modul berbasis web termasuk dalam kategori sangat efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Analisis berdasarkan indikator berpikir kritis menunjukkan bahwa seluruh indikator mengalami peningkatan dari pretest ke posttest. Indikator interpretasi memperoleh peningkatan tertinggi dengan rata-rata skor dari 29,80 menjadi 93,30, sedangkan indikator eksplanasi mengalami peningkatan dari 32,69 menjadi 66,30. Hasil

tersebut menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web mampu memfasilitasi peningkatan keterampilan berpikir kritis pada seluruh indikator, meskipun peningkatan pada indikator eksplanasi masih relatif lebih rendah dibandingkan indikator lainnya.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat valid, dengan persentase validitas sebesar 94,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi, tampilan, bahasa, serta aktivitas pembelajaran yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Tingginya tingkat validitas tidak terlepas dari penerapan model ADDIE yang memberikan kesempatan untuk melakukan evaluasi dan revisi secara bertahap pada setiap proses pengembangan sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih sistematis dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran (Branch, 2009). Selain itu, masukan dari validator mengenai penyempurnaan konten, visualisasi, dan struktur E-Modul turut meningkatkan kualitas produk sebelum diimplementasikan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Muryandari (2025) yang menyatakan bahwa proses validasi oleh ahli berperan penting dalam menghasilkan media pembelajaran digital yang layak digunakan di kelas.

Kepraktisan E-Modul juga menunjukkan hasil yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh keterlaksanaan pembelajaran sebesar 93,52% dan respons positif peserta didik sebesar 86,93%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa E-Modul mudah digunakan, memiliki navigasi yang jelas, serta mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif. Kemudahan penggunaan tersebut didukung oleh penyajian materi yang sistematis, integrasi teks, gambar, video, simulasi interaktif, serta aktivitas pembelajaran yang mendorong keterlibatan peserta didik. Menurut Mayer (2014), pembelajaran yang mengombinasikan berbagai representasi visual dan verbal dapat membantu peserta didik membangun pemahaman konsep secara lebih efektif dibandingkan penyajian informasi dalam satu bentuk representasi saja. Oleh karena itu, penerapan prinsip multimedia dalam E-Modul memungkinkan peserta didik memahami konsep Efek Doppler yang

bersifat abstrak melalui visualisasi dan simulasi yang lebih konkret. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis web mampu meningkatkan partisipasi dan motivasi belajar peserta didik karena memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif (Muryandari, 2025).

Keefektifan E-Modul ditunjukkan oleh peningkatan hasil belajar peserta didik setelah mengikuti pembelajaran. Nilai rata-rata peserta didik meningkat dari 34,22 pada pretest menjadi 84,22 pada posttest dengan nilai N-Gain sebesar 0,72 yang berada pada kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan E-Modul berbasis web mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi Efek Doppler. Peningkatan tersebut terjadi karena aktivitas pembelajaran dalam E-Modul dirancang mengikuti sintaks inkuiri terbimbing, yaitu orientasi masalah, penyelidikan, analisis hasil, dan refleksi. Rangkaian aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan melalui proses penyelidikan sehingga pembelajaran menjadi lebih

bermakna. Temuan ini mendukung pendapat Facione (2015) bahwa keterampilan berpikir kritis berkembang melalui aktivitas yang menuntut peserta didik menginterpretasikan informasi, menganalisis bukti, mengevaluasi argumen, menarik inferensi, dan memberikan penjelasan secara logis. Analisis berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis menunjukkan bahwa seluruh indikator mengalami peningkatan setelah penggunaan E-Modul berbasis web. Indikator interpretasi memperoleh capaian tertinggi, sedangkan indikator eksplanasi masih menunjukkan hasil yang relatif lebih rendah dibandingkan indikator lainnya. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa peserta didik lebih mudah mengidentifikasi dan memahami suatu fenomena dibandingkan menyusun penjelasan ilmiah yang didukung oleh alasan dan bukti. Menurut Facione (2015), kemampuan eksplanasi merupakan salah satu keterampilan berpikir kritis yang memerlukan latihan secara berkelanjutan karena peserta didik tidak hanya dituntut memahami konsep, tetapi juga mengomunikasikan alasan secara logis dan sistematis. Oleh karena itu,

aktivitas pembelajaran yang lebih banyak melibatkan diskusi ilmiah, argumentasi, dan penyelesaian masalah terbuka masih diperlukan untuk mengoptimalkan indikator eksplanasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Modul berbasis web yang dikembangkan memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifan sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika. Integrasi model inkuiri terbimbing dengan fitur multimedia interaktif mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, meningkatkan keterlibatan peserta didik, serta mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran digital berbasis web tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mampu memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, E-Modul berbasis web pada materi Efek Doppler yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan menurut

Nieveen, yaitu valid, praktis, dan efektif. E-Modul memperoleh tingkat validitas sebesar 94,55% dengan kategori sangat valid, yang menunjukkan bahwa aspek materi, bahasa, dan media telah sesuai untuk digunakan dalam pembelajaran. Kepraktisan E-Modul ditunjukkan melalui keterlaksanaan pembelajaran sebesar 93,52% serta respons positif peserta didik sebesar 86,93%, sehingga media mudah digunakan dan mendukung proses pembelajaran. Selain itu, E-Modul terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, yang ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,72 (kategori tinggi) dan tingkat keefektifan sebesar 96%. Dengan demikian, E-Modul berbasis web yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran fisika yang mampu mendukung pembelajaran yang lebih interaktif sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi Efek Doppler.

DAFTAR PUSTAKA

Batlolona, J. R., & Jamaludin, J. (2024). Students' misconceptions on the concept of sound: a case study about Marinyo, Tanimbar Islands. *Journal of Education and Learning*, 18(3), 681–689.

<https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21135>

Khumairok, W., Wulandari, A. Y. R., Qomaria, N., & Muharrami, L. K. (2021). Profil Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Smp Pada Materi Getaran Gelombang Dan Bunyi Menggunakan Soal Berbantuan Prompting Question [Profile of Critical Thinking Skills of Junior High School Students on Wave Vibration and Sound Material Using Prompting Q. Natural Science Education Research, 4(1), 35–44.

Nababan, D., Wijayanti, A. P., Rico, Nashrallah, M. N., & Sari, W. A. S. (2023). Web-Based Learning Media for Distance Education: A Review. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9(12), 1342–1353.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5827>

Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. In T. van den Akker, Jan; Branch, Robert M.; Gustafson, Kent; Nieveen, Nienke; Plomp (Ed.), Design approaches and tools in education and training. Kluwer Academic Publishers.

Novitasari, M., & Risdianto, E. (2022). PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS WEB SEBAGAI BAHAN AJAR FISIKA PADA MATERI GELOMBANG BUNYI DI SMA. 4(3).
Nugraha Ady, W., Muhajir, S. N., & Irvani, A. I. (2024). Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA melalui Model Problem Based Learning Berbantuan Permainan

Tradisional. JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 14(3), 772–785.

<https://doi.org/10.37630/jpm.v14i3.1775>

Suka, R. (2023). Pengaruh Model Flipped Classroom-Problem Based Learning Berbantuan Teachmint Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Gelombang Bunyi.

Sumarni, M. ., Jewarut, S., & Silvester, S. (2024). Pendampingan Keterampilan 4C Abad 21 dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar.

Zalsabila, A., M. & F. (2025). eachers' Perceptions of the Importance of 21st Century Skills (Critical Thinking, Communication, Collaboration, and Creativity) in the English Language Learning Process. International Journal of Language, Education, and Literature.