

Rancangan Pengembangan *e*-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning pada Materi Gerak Lurus

Aulia Rahma^{1*}, Andreas Handjoko Permana², Wulandari Fitriani³
^{1,2,3}Universitas Negeri Jakarta, Indonesia.
Corresponden e-mail: aulia27juni@gmail.com^{1*}

Abstrak: Media pembelajaran berbasis digital diketahui menarik dan memotivasi siswa dalam belajar khususnya untuk materi fisika yang bersifat abstrak. Salah satu bentuk media pembelajaran digital ialah *e*-LKPD. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan *e*-LKPD Fisika Interaktif berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi Gerak Lurus. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dan menggunakan model pengembangan ADDIE. Penelitian ini menghasilkan rancangan *e*-LKPD interaktif yang berisi materi Gerak Lurus, video pembelajaran, simulasi virtual, contoh soal, serta lembar kerja berbasis masalah sesuai dengan sintaks PBL. Setiap komponen dalam *e*-LKPD disusun untuk meningkatkan keterlibatan siswa serta membantu siswa menghubungkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Pengembangan *e*-LKPD ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang inovatif, menarik, dan layak digunakan dalam pembelajaran fisika di SMA.

Kata kunci: *e*-LKPD; *Problem Based Learning*; Gerak Lurus; Media Pembelajaran Interaktif.

Abstract: Digital-based learning media is known to attract and motivate students in learning, especially for abstract physics material. One form of digital learning media is *e*-LKPD. This study aims to produce an interactive physics *e*-LKPD design based on *Problem Based Learning* (PBL) on Straight Motion material. This research method uses a *Research and Development* (R&D) approach and uses the ADDIE development model. This study resulted in an interactive *e*-LKPD design containing Straight Motion material, learning videos, virtual simulations, example questions, and problem-based worksheets in accordance with PBL syntax. Each component in the *e*-LKPD is designed to increase student engagement and help students connect physics concepts with everyday life phenomena. The development of this *e*-LKPD is expected to be an innovative, interesting, and suitable learning medium for use in physics learning in high schools.

Keywords: *e*-LKPD; *Problem Based Learning*; *Straight Line Motion*; *Interactive Learning Media*.

1. Pendahuluan

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari berbagai gejala dan peristiwa alam melalui pendekatan ilmiah serta pemodelan matematis. Dalam proses pembelajarannya, siswa tidak hanya dituntut untuk menguasai konsep-konsep dasar, tetapi juga mampu mengaitkan konsep tersebut dengan fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar. Namun demikian, fisika masih sering dipandang sebagai mata pelajaran yang sulit karena banyak materi yang bersifat abstrak dan memerlukan kemampuan berpikir analitis dalam memahami hubungan antar konsep.

Hasil analisis kebutuhan yang dilakukan terhadap siswa SMA menunjukkan bahwa materi Gerak Lurus masih menjadi salah satu materi yang cukup sulit dipahami. Kesulitan tersebut muncul karena siswa harus memahami berbagai konsep yang saling berkaitan, seperti posisi, jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan, dan percepatan. Selain itu, siswa juga dituntut untuk menghubungkan konsep-konsep tersebut dengan fenomena nyata yang mereka temui

dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini menyebabkan pembelajaran sering kali berfokus pada hafalan rumus sehingga pemahaman konsep belum berkembang secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu menyajikan materi secara lebih menarik, interaktif, dan kontekstual agar siswa lebih mudah memahami konsep yang dipelajari.

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi membuka peluang untuk menghadirkan inovasi dalam proses pembelajaran. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*e-LKPD*). *e-LKPD* merupakan bentuk pengembangan dari LKPD konvensional yang memanfaatkan teknologi digital sehingga dapat digunakan secara fleksibel melalui perangkat elektronik yang terhubung dengan internet. Melalui *e-LKPD*, materi pembelajaran dapat dikemas dengan berbagai unsur multimedia seperti gambar, video, audio, maupun aktivitas interaktif yang mampu meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa selama proses belajar (Fitriyati et al., 2013; Tamsiruddin, 2023).

Menurut Humalik (2016), *e-LKPD* memiliki karakteristik berupa penyajian berbasis daring, penggunaan multimedia interaktif, tampilan yang menarik, serta kemampuan memberikan umpan balik atau penilaian secara otomatis. Karakteristik tersebut memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih variatif dibandingkan penggunaan LKPD cetak. Selain itu, *e-LKPD* juga memberikan kemudahan akses sehingga dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. Penyajian materi yang lebih interaktif diharapkan dapat meningkatkan minat belajar serta membantu siswa memahami konsep fisika yang bersifat abstrak (Apriyani & Mulyatna, 2021).

Meskipun demikian, penggunaan media pembelajaran digital perlu didukung oleh model pembelajaran yang mampu mendorong partisipasi aktif siswa. Salah satu model yang dinilai sesuai adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model pembelajaran ini menempatkan permasalahan nyata sebagai titik awal kegiatan belajar sehingga siswa terdorong untuk mencari informasi, melakukan penyelidikan, dan menemukan solusi terhadap masalah yang diberikan. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Wena, 2010).

Syamsiyah dan Suryani (2018) menjelaskan bahwa PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan melalui proses investigasi yang sistematis. Melalui tahapan tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual yang lebih baik, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Selain itu, penggunaan masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna dan relevan bagi siswa. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penerapan PBL dapat meningkatkan kreativitas, kemandirian belajar, rasa ingin tahu, serta kemampuan berpikir kritis siswa (Ulfa & Nurmayani, 2023; Novianti et al., 2020).

Materi Gerak Lurus dipilih dalam penelitian ini karena merupakan salah satu materi dasar fisika yang berperan penting dalam mempelajari konsep gerak pada jenjang berikutnya. Pada Kurikulum Merdeka, siswa diharapkan mampu memahami berbagai konsep Gerak Lurus yang meliputi besaran-besaran fisis gerak, Gerak Lurus Beraturan (GLB), Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), Gerak Jatuh Bebas (GJB), Gerak Vertikal Atas (GVA), dan Gerak Vertikal Bawah (GVB). Selain memahami konsep, siswa juga dituntut mampu menganalisis fenomena gerak dan menyelesaikan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan LKPD maupun *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* memberikan dampak positif terhadap proses dan hasil belajar siswa. Nazira dkk. (2024) melaporkan bahwa LKPD berbasis PBL pada materi Gerak Lurus mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,62 yang termasuk kategori sedang. Sementara itu, penelitian Nova Aulia Putri (2025) menunjukkan bahwa penggunaan *e-LKPD* berbasis masalah pada materi Usaha dan Energi menghasilkan nilai N-Gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori tinggi. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa

integrasi e-LKPD dengan pendekatan berbasis masalah memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan pengembangan e-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning pada materi Gerak Lurus. Pengembangan media ini diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam, meningkatkan keterlibatan selama proses pembelajaran, serta melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui kegiatan belajar yang kontekstual dan berpusat pada siswa.

2. Metodologi

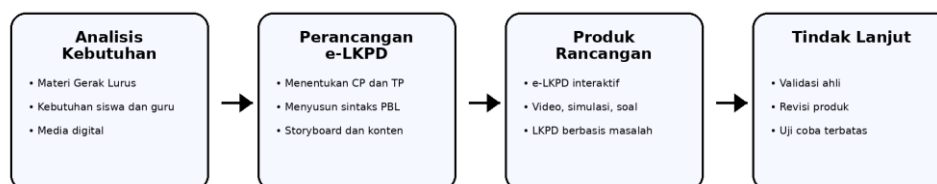
Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan tujuan menghasilkan rancangan media pembelajaran berupa e-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning pada materi Gerak Lurus. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE karena model ini memberikan alur kerja yang sistematis untuk menganalisis kebutuhan pembelajaran, merancang produk, mengembangkan media, mengimplementasikan produk, dan mengevaluasi hasil pengembangan. Pada artikel ini, tahapan penelitian dibatasi pada tahap Analyze dan Design karena fokus kajian berada pada penyusunan rancangan awal produk sebelum memasuki validasi ahli dan uji coba terbatas.

Tahap Analyze dilakukan melalui analisis kebutuhan pembelajaran, analisis karakteristik peserta didik, analisis materi Gerak Lurus, serta analisis kebutuhan media digital. Analisis kebutuhan diarahkan untuk mengidentifikasi kesulitan peserta didik dalam memahami konsep posisi, jarak, perpindahan, kecepatan, kelajuan, percepatan, GLB, GLBB, dan gerak vertikal. Selain itu, analisis dilakukan untuk melihat kebutuhan guru dan peserta didik terhadap bahan ajar digital yang lebih interaktif, mudah diakses, dan mampu mengaitkan konsep fisika dengan peristiwa sehari-hari.

Tahap Design dilakukan dengan menyusun rancangan isi, alur tampilan, dan struktur aktivitas belajar dalam e-LKPD. Rancangan e-LKPD disusun mengikuti sintaks Problem Based Learning yang meliputi orientasi peserta didik pada masalah, pengorganisasian kegiatan belajar, pembimbingan penyelidikan, penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Pada tahap ini juga disusun komponen pendukung berupa cover, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, peta konsep, pertanyaan pemantik, materi singkat, video pembelajaran, simulasi virtual, contoh soal, lembar kerja, analisis data, simpulan, dan daftar pustaka.

Data penelitian diperoleh dari telaah dokumen kurikulum, kajian literatur, serta angket analisis kebutuhan pembelajaran. Instrumen yang digunakan meliputi lembar analisis kebutuhan peserta didik, lembar analisis kebutuhan guru, lembar telaah materi Gerak Lurus, dan lembar telaah rancangan produk. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk merumuskan kebutuhan pengembangan, menentukan komponen e-LKPD, serta menyusun desain produk awal yang sesuai dengan karakteristik materi dan kebutuhan peserta didik.

Desain Penelitian Pengembangan e-LKPD Berbasis PBL



Gambar 1. Desain penelitian pengembangan e-LKPD berbasis Problem Based Learning

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Tahap Analisis

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa materi Gerak Lurus masih menjadi bagian fisika yang cukup sulit dipahami oleh peserta didik. Kesulitan tersebut muncul karena materi memuat beberapa konsep yang saling berkaitan, seperti posisi, jarak, perpindahan, kecepatan, kelajuan, percepatan, serta hubungan grafik gerak terhadap besaran fisis. Peserta didik juga masih mengalami kendala dalam menghubungkan konsep Gerak Lurus dengan fenomena nyata, sehingga pembelajaran cenderung berhenti pada penggunaan rumus dan penyelesaian soal hitungan.

Hasil analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa penggunaan media digital perlu diarahkan pada pembelajaran yang lebih visual, interaktif, dan kontekstual. Peserta didik membutuhkan bahan ajar yang tidak hanya memuat materi dan latihan soal, tetapi juga memberi ruang untuk mengamati masalah, berdiskusi, melakukan penyelidikan sederhana, menganalisis data, dan menarik simpulan. Temuan ini menjadi dasar pengembangan e-LKPD interaktif berbasis Problem Based Learning karena model tersebut mendorong peserta didik untuk belajar melalui masalah nyata yang dekat dengan kehidupan sehari-hari.

Analisis materi menunjukkan bahwa Gerak Lurus memiliki karakteristik yang sesuai untuk dikembangkan dalam e-LKPD berbasis masalah. Fenomena seperti kendaraan yang bergerak di jalan lurus, benda jatuh bebas, gerak vertikal, atau perubahan kecepatan pada lintasan tertentu dapat digunakan sebagai konteks masalah. Konteks tersebut membantu peserta didik memahami bahwa konsep fisika tidak berdiri sendiri, tetapi berkaitan langsung dengan pengalaman dan pengamatan sehari-hari.

3.2 Hasil Tahap Perancangan

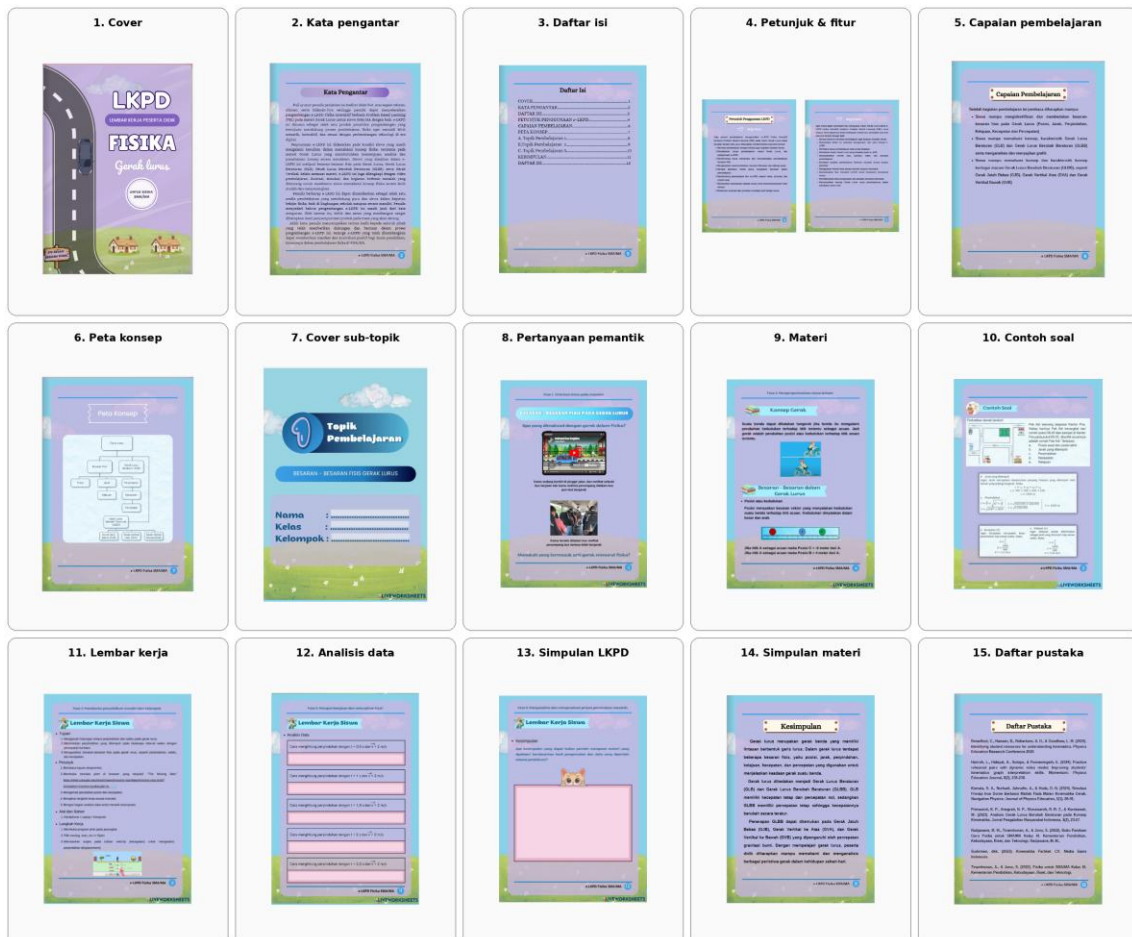
Tahap perancangan menghasilkan desain awal e-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning pada materi Gerak Lurus. Produk dirancang dalam format digital yang dapat diakses secara daring melalui Liveworksheet dan didukung oleh komponen multimedia, seperti ilustrasi, video pembelajaran, simulasi virtual, contoh soal, dan lembar kerja berbasis masalah. Struktur e-LKPD disusun secara bertahap agar peserta didik dapat memahami alur belajar mulai dari pengenalan materi, orientasi masalah, penyelidikan, analisis data, sampai penyusunan simpulan.

Rancangan e-LKPD terdiri atas 15 komponen utama. Setiap komponen memiliki fungsi khusus dalam mendukung pembelajaran berbasis masalah. Cover dan identitas awal berfungsi sebagai pengenalan produk. Petunjuk penggunaan membantu peserta didik memahami cara mengakses dan menggunakan e-LKPD. Capaian pembelajaran dan peta konsep memberi arah belajar. Pertanyaan pemantik, materi, contoh soal, lembar kerja, dan analisis data menjadi inti aktivitas belajar yang diarahkan pada pemecahan masalah. Sementara itu, bagian simpulan dan daftar pustaka digunakan untuk memperkuat refleksi serta ketertelusuran sumber belajar.

Tabel 2. Ringkasan komponen dan deskripsi hasil rancangan e-LKPD

No.	Komponen	Deskripsi Hasil Rancangan
1	Cover	Memuat identitas e-LKPD, materi Gerak Lurus, dan tampilan visual awal yang menarik.
2	Kata pengantar	Memberikan pengantar penggunaan e-LKPD dan tujuan umum pengembangan media.
3	Daftar isi	Menyajikan susunan bagian e-LKPD agar peserta didik mudah menemukan halaman belajar.

4	Petunjuk penggunaan dan fitur	Menjelaskan cara menggunakan e-LKPD, ikon, menu, dan alur navigasi digital.
5	Capaian pembelajaran	Menampilkan kompetensi yang dituju pada materi Gerak Lurus sesuai kurikulum.
6	Peta konsep	Menghubungkan konsep utama Gerak Lurus agar peserta didik memahami keterkaitan antar submateri.
7	Cover sub-topik	Menjadi pembatas awal kegiatan belajar pada subtopik Gerak Lurus.
8	Pertanyaan pemantik	Mengawali pembelajaran dengan masalah kontekstual untuk mengaktifkan pengetahuan awal peserta didik.
9	Materi pembelajaran	Menyajikan konsep inti Gerak Lurus secara ringkas, visual, dan terarah.
10	Contoh soal	Memberi contoh penyelesaian masalah untuk memperkuat pemahaman konsep dan prosedur.
11	Lembar kerja	Memuat aktivitas penyelidikan berbasis masalah sesuai sintaks PBL.
12	Analisis data	Mengarahkan peserta didik mengolah data hasil pengamatan atau simulasi.
13	Simpulan lembar kerja	Membimbing peserta didik merumuskan hasil penyelidikan berdasarkan bukti.
14	Simpulan materi	Merangkum konsep Gerak Lurus yang telah dipelajari.
15	Daftar pustaka	Memuat sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan e-LKPD.



Gambar 2. Panel ringkas 15 tampilan komponen e-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning

Berdasarkan tampilan pada Gambar 2, rancangan e-LKPD telah memuat komponen pendahuluan, komponen isi, komponen aktivitas, dan komponen penutup. Komponen pendahuluan membantu peserta didik mengenali tujuan dan arah pembelajaran. Komponen isi menyajikan materi Gerak Lurus secara ringkas dan visual. Komponen aktivitas memuat lembar kerja, analisis data, dan kegiatan penyimpulan yang menuntun peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara bertahap. Komponen penutup berisi simpulan dan daftar pustaka sebagai penguatan akhir pembelajaran.

3.3 Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa pengembangan e-LKPD pada materi Gerak Lurus memiliki dasar kebutuhan yang kuat. Materi Gerak Lurus sering menuntut peserta didik memahami hubungan antarbesaran, grafik, dan representasi matematis. Jika pembelajaran hanya menekankan rumus, peserta didik cenderung kesulitan mengaitkan konsep dengan fenomena nyata. Temuan ini sejalan dengan Ady dan Warliani (2022) yang menunjukkan bahwa peserta didik SMA masih mengalami kesulitan belajar pada materi gerak lurus beraturan. Karena itu, e-LKPD perlu dirancang sebagai media yang membantu peserta didik membangun pemahaman konsep melalui visualisasi, konteks masalah, dan aktivitas belajar yang terarah.

Penggunaan model ADDIE pada tahap Analyze dan Design relevan dengan tujuan artikel ini karena produk yang dikaji masih berada pada tahap rancangan awal. Branch (2009) menjelaskan bahwa ADDIE menyediakan kerangka sistematis untuk menghubungkan kebutuhan belajar, rancangan pembelajaran, pengembangan produk, implementasi, dan evaluasi. Dalam konteks penelitian pengembangan, pembatasan sampai tahap desain dapat diterima sepanjang peneliti menjelaskan bahwa validasi dan uji coba menjadi tahap lanjutan. Plomp dan Nieveen (2013) juga menekankan bahwa desain produk pendidikan perlu diawali dengan analisis masalah yang jelas dan rancangan solusi yang dapat ditelusuri secara logis.

Rancangan e-LKPD yang memuat teks, gambar, video, simulasi, dan lembar kerja interaktif sesuai dengan prinsip pembelajaran multimedia. Mayer (2009) menegaskan bahwa peserta didik dapat belajar lebih baik ketika informasi disajikan melalui kombinasi kata dan gambar yang saling mendukung, bukan hanya melalui teks. Dalam e-LKPD ini, gambar dan video digunakan untuk memperjelas fenomena gerak, sedangkan lembar kerja digunakan untuk mengarahkan proses berpikir peserta didik. Dengan demikian, media tidak hanya berfungsi sebagai bahan bacaan digital, tetapi juga sebagai ruang belajar yang mengajak peserta didik mengamati, menalar, dan menyimpulkan konsep.

Integrasi Problem Based Learning menjadi penguat utama dalam rancangan e-LKPD karena aktivitas belajar dimulai dari masalah kontekstual. Barrows (1986) menyatakan bahwa PBL menempatkan masalah sebagai pemicu belajar, sedangkan Hmelo-Silver (2004) menjelaskan bahwa PBL dapat membantu peserta didik mengembangkan pengetahuan yang fleksibel, keterampilan pemecahan masalah, dan kemandirian belajar. Pada rancangan ini, pertanyaan pemantik, lembar kerja, dan analisis data disusun agar peserta didik tidak langsung menerima konsep, tetapi terlebih dahulu mengidentifikasi masalah, mencari hubungan antarvariabel, dan merumuskan simpulan berdasarkan hasil pengamatan atau simulasi.

Penggunaan video pembelajaran dan simulasi virtual dalam e-LKPD memberi peluang bagi peserta didik untuk memahami konsep Gerak Lurus yang bersifat dinamis. Simulasi dapat menampilkan perubahan posisi, kecepatan, dan percepatan secara lebih konkret dibandingkan penjelasan verbal semata. McKagan et al. (2008) menjelaskan bahwa simulasi interaktif dapat membantu peserta didik membangun model mental terhadap konsep abstrak karena menyediakan representasi visual dan umpan balik langsung. Temuan ini juga sejalan dengan

Sari et al. (2022) yang menunjukkan bahwa pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika dapat mendukung penguasaan konsep dan berpikir kritis peserta didik.

Meskipun rancangan e-LKPD telah menunjukkan keterpaduan antara media digital dan sintaks PBL, produk ini masih memiliki keterbatasan. Penelitian baru sampai pada tahap rancangan sehingga belum dapat menyimpulkan tingkat validitas, kepraktisan, maupun efektivitas produk. Oleh karena itu, tahap lanjutan perlu mencakup validasi ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa, kemudian dilanjutkan dengan revisi produk dan uji coba terbatas. Langkah tersebut penting agar e-LKPD tidak hanya menarik secara tampilan, tetapi juga memenuhi kualitas isi, keterbacaan, kemudahan penggunaan, dan dampak pembelajaran yang dapat diukur secara empiris.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan rancangan e-LKPD Fisika Interaktif berbasis Problem Based Learning pada materi Gerak Lurus untuk siswa SMA. Pengembangan dilakukan dengan model ADDIE yang dibatasi pada tahap Analyze dan Design. Hasil tahap analisis menunjukkan bahwa peserta didik membutuhkan bahan ajar digital yang interaktif, kontekstual, dan mampu membimbing proses pemahaman konsep Gerak Lurus secara bertahap. Hasil tahap desain menunjukkan bahwa e-LKPD dirancang dengan 15 komponen utama, meliputi cover, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, peta konsep, pertanyaan pemantik, materi, contoh soal, lembar kerja, analisis data, simpulan, dan daftar pustaka.

Rancangan e-LKPD ini memiliki kebaruan pada integrasi media digital interaktif dengan sintaks Problem Based Learning dalam pembelajaran Gerak Lurus. Produk dirancang untuk membantu peserta didik mengaitkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari melalui aktivitas pemecahan masalah, video, simulasi, dan lembar kerja digital. Karena penelitian masih berada pada tahap rancangan, produk perlu dilanjutkan ke tahap validasi ahli, revisi, dan uji coba terbatas agar kelayakan, kepraktisan, dan efektivitasnya dapat diketahui secara lebih kuat.

Daftar Pustaka

- Ady, W. N., & Warliani, R. (2022). Analisis kesulitan belajar siswa SMA terhadap mata pelajaran fisika pada materi gerak lurus beraturan. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 2(1), 104-108.
- Apriliyani, S. W., & Mulyatna, F. (2021). Flipbook E-LKPD dengan pendekatan etnomatematika pada materi teorema Pythagoras. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, 2(1), 491-500.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Fitriyati, Kurniawan, E. S., & Ngazizah, N. (2013). Pengembangan LKS Fisika SMA kelas X semester II dengan website online berbasis Contextual Teaching Learning. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan*, 3(1), 7-11.
- Hamalik, O. (2016). *Proses belajar mengajar*. Bumi Aksara.

- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C. E. (2008). Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 406-417. <https://doi.org/10.1119/1.2885199>
- Nazira, N. K., Idris, S., Widya, W., Novita, N., & Setiawan, T. (2024). Pengembangan LKPD fisika berbasis problem based learning (PBL) untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi gerak lurus. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 118-127.
- Novianti, A., Bentri, A., & Zikri, A. (2020). Pengaruh penerapan model Problem Based Learning (PBL) terhadap aktivitas dan hasil belajar siswa pada pembelajaran tematik terpadu di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(1), 194-202.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational design research: Part A. An introduction*. SLO.
- Putri, N. A., & Abubakar. (2025). Pengembangan E-LKPD berbasis masalah pada materi usaha dan energi di kelas X. *Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 148-166.
- Sari, W. P., Sahidu, H., & Harjono, A. (2022). Efektivitas perangkat pembelajaran fisika berbasis discovery berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 995-1000. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2c.437>
- Syamsidah, & Suryani, H. (2018). *Model Problem Based Learning (PBL): Mata kuliah pengetahuan bahan makanan*. Deepublish.
- Tamsiruddin. (2023). Efektivitas e-LKPD interaktif dalam mengasah keterampilan menulis kreatif peserta didik kelas VII pada pembelajaran daring. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 7(2), 389-410.
- Wena, M. (2010). *Strategi pembelajaran inovatif kontemporer: Suatu tinjauan konseptual operasional*. Bumi Aksara.