



Efektivitas Integrasi Asesmen Formatif *Self-Diagnostic Learning Logs* pada Model *PBL* dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Materi Termodinamika

Fuzi Warisnan, Ridwan Efendi[✉], dan Muslim

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2025

Disetujui November 2025

Dipublikasikan Desember 2025

Keywords:

Self-Diagnostic Learning Logs, Problem-Based Learning Model, Problem-Solving Skill

Abstrak

Fisika merupakan bidang ilmu yang menuntut penguasaan berbagai kompetensi oleh peserta didik. Berdasarkan Capaian Pembelajaran yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, peserta didik diharapkan mampu memahami konsep-konsep fisika, menerapkan metode ilmiah, berpikir kritis, serta pemecahan masalah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui peningkatan kemampuan pemecahan masalah serta dampak integrasi asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL* dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik SMA pada materi Termodinamika. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Quasi Experimental Design* yaitu *Nonequivalent Control Design*. Penelitian ini menggunakan satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol, masing-masing terdiri dari 36 peserta didik kelas XI MIPA di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tes kemampuan pemecahan masalah, tes formatif serta angket respons peserta didik terhadap asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *problem based learning*. Teknik analisis data yang digunakan meliputi uji normalitas, uji hipotesis menggunakan uji statistik non-parametrik *Mann-Whitney U Test*, serta perhitungan N-Gain dan *effect size* untuk melihat peningkatan dan dampak perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak integrasi asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL* terdapat dampak dalam kemampuan pemecahan masalah peserta didik terlihat dari hasil N-Gain sebesar 0,67 untuk kelas eksperimen dan 0,60 untuk kelas kontrol.

Abstract

Based on the Learning Outcomes issued by the Ministry of Education, Culture, Research, and Technology of the Republic of Indonesia, students are expected to be able to understand physics concepts, apply scientific methods, think critically, and solve problems. The purpose of this study was to determine the improvement in problem-solving skills and the impact of integrating formative self-diagnostic learning logs assessments into the PBL model in improving the problem-solving skills of high school students in thermodynamics. The research method used in this study was a quasi-experimental design, namely a nonequivalent control design. This study used one experimental class and one control class, each consisting of 36 grade XI MIPA students at a public high school in Bandung. The instruments used in this study were problem-solving ability tests, formative tests, and questionnaires on students' responses to formative assessments of self-diagnostic learning logs in the PBL model. The data analysis techniques used included normality tests, hypothesis testing using the Mann-Whitney U Test non-parametric statistical test, and N-Gain and effect size calculations to see the improvement and impact of the treatment. The results showed that the integration of self-diagnostic learning logs into the problem-based learning model had an impact on students' problem-solving abilities, as seen in the N-Gain results of 0.67 for the experimental class and 0.60 for the control class.

PENDAHULUAN

Fisika merupakan bidang ilmu yang menuntut penguasaan berbagai kompetensi oleh peserta didik. Berdasarkan Capaian Pembelajaran yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, peserta didik diharapkan mampu memahami konsep-konsep fisika, menerapkan metode ilmiah, berpikir kritis, serta kemampuan pemecahan masalah. Angellena *et al.*, (2020) melakukan penelitian yang menyatakan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya kemampuan pemecahan masalah, menjadi keterampilan penting yang diperoleh setelah peserta didik benar-benar memahami konsep dan materi fisika secara menyeluruh. Namun demikian, Mbonyiryivuze *et al.*, (2021) menyebutkan bahwa pembelajaran fisika masih menghadapi berbagai tantangan, seperti rendahnya pencapaian peserta didik serta adanya sikap negatif yang diberikan peserta didik terhadap pelajaran fisika. Beberapa guru mengungkapkan bahwa sebagian peserta didik mengalami kesulitan dalam fisika karena fisika merupakan pelajaran yang rumit, membosankan, dan abstrak.

Penelitian yang dilakukan Al-bawi dan Al-taie (2021) mengatakan bahwa hingga saat ini kemampuan pemecahan masalah peserta didik masih rendah. Hal ini disebabkan oleh minimnya keterlibatan peserta didik dalam menghadapi persoalan nyata yang relevan, serta dominasi pembelajaran yang berfokus pada teori serta rumus sistematis. Tidak hanya itu, Amalishsoleh *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa metode mengajar guru memengaruhi penguasaan materi oleh peserta didik termasuk dalam menyelesaikan soal-soal fisika. Rendahnya kemampuan ini bisa disebabkan oleh kurangnya pemahaman konsep dan kompleksitas rumus yang digunakan dalam pelajaran fisika. Keberhasilan dalam menyelesaikan soal juga dapat dipengaruhi oleh tingkat kesulitan soal

serta pemahaman dasar fisika yang dimiliki peserta didik.

Salah satu pendekatan yang terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah model PBL. Model ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran yang aktif dalam menyelesaikan masalah nyata, sehingga dapat menumbuhkan pembelajaran yang bermakna serta meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah (Wong & Kan, 2022).

Model PBL secara konseptual menuntut peserta didik untuk merefleksikan strategi pemecahan masalah mereka melalui proses asesmen formatif agar terjadi peningkatan berpikir tingkat tinggi (Sadler, 2010; Brookhart, 2018). Namun, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa implementasi asesmen formatif dalam pembelajaran berbasis PBL masih belum optimal karena guru cenderung fokus pada penyelesaian masalah dan produk akhir, bukan proses belajar peserta didik (Miranda *et al.*, 2023; Wong & Kan, 2022). Temuan tersebut sejalan dengan hasil wawancara awal peneliti dengan seorang guru fisika di salah satu SMA Negeri di Bandung, yang menyatakan bahwa penerapan PBL di sekolah masih jarang disertai asesmen formatif yang terstruktur. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara konsep ideal PBL yang menekankan refleksi dan praktik asesmen formatif dengan pelaksanaannya di kelas, sehingga diperlukan penelitian untuk mengembangkan dan menguji strategi asesmen formatif yang sesuai dengan karakteristik pembelajaran PBL, seperti penggunaan *Self-Diagnostic Learning Logs*.

Namun demikian, berdasarkan hasil wawancara awal yang dilakukan oleh peneliti dengan seorang guru fisika di salah satu SMA Negeri di Bandung, diketahui bahwa implementasi model PBL di sekolah masih jarang disertai dengan asesmen formatif yang terstruktur. Padahal, refleksi yang sistematis sangat diperlukan untuk membantu peserta didik menyadari

kesalahan satu strategi belajar yang kurang efektif.

Salah satu bentuk asesmen formatif yang dapat digunakan yaitu *Self-diagnostic learning logs*. *Self-Diagnostic Learning Logs* merupakan tahapan untuk mendiagnosa atau mengidentifikasi keadaan dalam dirinya sendiri. Sehingga peserta didik mampu menganalisis kemampuan mereka sendiri untuk mengetahui sejauh mana mereka mencapai tujuan pembelajaran dan mampu memperbaiki kesalahan-kesalahan yang telah dilakukan (Putri *et al.*, 2016). Cross dan Angelo (1988) menambahkan bahwa *self-diagnostic learning logs* ini merupakan proses dimana peserta didik menyimpan catatan setiap melaksanakan kelas dan tugas, untuk tugas peserta didik menulis poin apa yang mereka paham dan poin yang tidak mereka mengerti atau tidak jelas.

Berdasarkan hasil kajian literatur, integrasi antara model PBL dan *self-diagnostic learning logs* dinilai sebagai pendekatan yang saling melengkapi. Model PBL memfasilitasi eksplorasi dan penyelesaian masalah, sementara *self-diagnostic learning logs* memperkuat aspek reflektif dalam proses belajar. Benu *et al.* (2023) menunjukkan bahwa penerapan *self-diagnostic learning logs* dalam pembelajaran berbasis STEM-PBL mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah secara signifikan. Hal yang sama diungkapkan oleh Iolanessa *et al.* (2020) serta Wilujeng dan Suliyannah (2022), mengatakan bahwa model PBL dengan metode hibrid atau reflektif, mampu mengaktifkan peserta didik selama proses belajar dan berpengaruh pada hasil belajar mereka.

Penelitian Firmansyah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penggunaan model PBL memberikan pengaruh yang tinggi terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik pada mata pelajaran fisika. Demikian pula Febriani *et al.* (2024) melaporkan bahwa peserta didik memberikan respons positif terhadap model pembelajaran berbasis masalah karena

membantu mereka berpikir kritis dan memahami konsep secara lebih mendalam. Salah satu materi yang masih menjadi tantangan dalam pembelajaran fisika adalah termodinamika. Penelitian Brundage *et al.*, (2024) menemukan bahwa peserta didik, bahkan pada tingkat lanjut, sering mengalami miskonsepsi dan kesulitan pada konsep-konsep dasar termodinamika. Berdasarkan uraian di atas, tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui peningkatan kemampuan pemecahan masalah serta efektivitas asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model PBL dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi Termodinamika.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik, termasuk pada pembelajaran fisika (Heller, 2019; Wong & Kan, 2022). Di sisi lain, *Self-Diagnostic Learning Logs* (SDLL) telah dilaporkan mampu membantu peserta didik merefleksikan proses berpikir dan menyadari kesalahan belajar mereka (Miranda *et al.*, 2023; Brookhart, 2018). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menerapkan kedua pendekatan tersebut secara terpisah. Hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan model PBL dengan asesmen formatif berbasis SDLL pada pembelajaran termodinamika di tingkat SMA, terutama dalam mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan dan mengimplementasikan integrasi PBL dan *Self Diagnostic Learning Logs* pada materi Termodinamika.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dari penelitian ini yaitu penelitian kuantitatif dengan *Quasi Experimental Design*. Desain penelitian yang digunakan adalah

Nonequivalent Control Group Design, artinya tidak ada penugasan acak antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Creswell, 2012). Rincian desain penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelas	Pretest	Treatment	Posttest
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₃	Y	O ₄

(Creswell, 2012)

Keterangan:

O₁ dan O₃: *pre-test*

O₂ dan O₄: *post-test*

X: kelas eksperimen (Pembelajaran fisika dengan diintegrasikannya asesmen formatif *self-diagnostic learning logs*)

Y: kelas kontrol (Pembelajaran fisika tanpa diintegrasikannya asesmen formatif *self-diagnostic learning log*)

Penelitian ini dilakukan di sebuah sekolah menengah atas negeri di Kota Bandung, terdapat 36 siswa kelas XI MIPA dari kelompok eksperimen dan kelompok kontrol yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini dibagi menjadi tiga fase yaitu: *fase 1* meliputi wawancara, menyusun perangkat ajar serta instrumen penelitian digunakan adalah tes keterampilan pemecahan masalah, yang mencakup lima indikator: memvisualisasikan masalah (*visualize the problem*), mendeskripsikan masalah dengan istilah fisika (*describe the problem in physics terms*), merencanakan solusi (*plan a solution*), melaksanakan rencana (*execute the plan*), dan memeriksa serta mengevaluasi (*check and evaluate*) (Heller et al., 1992) Alat penilaian terdiri dari lima pertanyaan terbuka dan telah diverifikasi oleh beberapa ahli. Selanjutnya, alat tes ini diterapkan pada peserta penelitian yang sama. Alat ini diadaptasi dari "Formative Self-Regulated Learning Diary Assessment Tool" karya Cross dan Angelo (1988), yang mencakup pertanyaan yang diajukan selama setiap tahap pembelajaran PBL dan jawaban siswa pada kuesioner.

Fase 2 adalah fase implementasi, yang mencakup pelaksanaan penilaian pra-

implementasi, penerapan proses pembelajaran, dan pelaksanaan penilaian pasca-implementasi. Model ini terdiri dari lima komponen: *student orientation to problems, organizing students to learn, independent and group investigation guidance, development and presentation of works or solutions, dan analysis and evaluation of the problem-solving process* dengan diintegrasikannya asesmen formatif *self-diagnostic learning logs*.

Fase 3 adalah fase akhir analisis data hasil penelitian, di mana data yang dikumpulkan dianalisis secara kuantitatif. Teknik analisis data yang digunakan yaitu uji normalitas, uji hipotesis menggunakan uji Mann-Whitney *U* untuk mengukur perbedaan antara nilai tes sebelum dan sesudah diberikannya *treatment*, analisis ini dilakukan dengan bantuan *software SPSS*. Hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah:

H₀: Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil *posttest* kemampuan pemecahan masalah peserta didik setelah diterapkan asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL*.

H₁: Terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil *posttest* kemampuan pemecahan masalah peserta didik setelah diterapkan asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL*.

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah dianalisis menggunakan N-Gain. Perhitungan skor N-Gain mengikuti rumus Hake (1998), yang dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$\langle g \rangle = \frac{\langle G \rangle}{\langle G \rangle_{\text{maks}}} = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i} \quad (1)$$

Selanjutnya skor N-Gain dapat diklasifikasikan berdasarkan kategori yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Nilai N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
$\langle g \rangle > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq \langle g \rangle \leq 0,7$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

Untuk mengetahui besar pengaruh atau efektivitas integrasi penerapan asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* dalam model *PBL* dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik, digunakan Rosenthal's r sebagai ukuran *effect size* dari hasil uji *Mann-Whitney U Test*. Persamaan (2) merupakan rumus yang digunakan untuk analisis *effect size*.

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Keterangan:

r = ukuran *effect size* nonparametrik

Z = nilai Z dari output uji *Mann-Whitney U Test*

N = jumlah total subjek ($n_1 + n_2$)

Nilai r berada dalam rentang 0 hingga 1, di mana semakin besar nilai r menunjukkan semakin besar pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diuji. Interpretasi besarnya pengaruh (*effect size*) menggunakan kriteria dari Rosenthal (1991) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Interpretasi Kriteria Rosenthal's r

Nilai Rank-Biserial Correlation	Kategori
$0,00 \leq \Delta d \leq 0,29$	Rendah
$0,30 \leq \Delta d \leq 0,49$	Sedang
$\Delta d \geq 0,50$	Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *N-Gain* secara keseluruhan pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *N-Gain* pada Kelas Eksperimen dan Kontrol

Kelas	Tes	Skor Rata-Rata	N-Gain	Kategori
Eksperimen	Pretest	72,5	0,67	Sedang
	Posttest	90,94		
Kontrol	Pretest	48,06	0,60	Sedang
	Posttest	79,08		

Berdasarkan hasil rekapitulasi Tabel 4. didapatkan bahwa skor *pretest* dan *posttest* memiliki peningkatan. Dapat dilihat pada kelas eksperimen dengan skor rata-

rata *pretest* yaitu 72,5 dan *posttest* 90,94 memiliki peningkatan setelah diberikannya perlakuan asesmen formatif *self diagnostic learning logs* pada model *problem based learning*. Sedangkan pada kelas kontrol memiliki hasil skor rata-rata pada *pretest* 48,06 dan *posttest* 79,08 juga memiliki peningkatan pada kemampuan pemecahan masalah setelah diberikan perlakuan dengan hanya menggunakan model *problem based learning*. Hasil nilai *N-Gain* pada kelas eksperimen dengan perolehan nilai 0,67 terdapat pada kategori sedang. Sedangkan pada kelas kontrol diperoleh nilai 0,60 terdapat pada kategori sedang.

Peningkatan ini sesuai dengan hasil penelitian oleh Miranda *et al.*, (2023) yang menemukan bahwa aspek metakognitif peserta didik meningkat secara signifikan ketika mereka terlibat dalam pembelajaran termodinamika berbasis pemecahan masalah dengan pendekatan reflektif. Metakognisi yang tinggi mempengaruhi peningkatan kemampuan siswa dalam merencanakan dan mengevaluasi strategi penyelesaian masalah. Hasil yang serupa juga ditemukan dalam studi Hidayana *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah pada sub topik kalor mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Meskipun fokusnya pada capaian kognitif, keterlibatan siswa dalam refleksi dan penyelidikan mandiri selama proses PBL memperkuat hasil belajar yang diperoleh. Hal ini memperkuat bahwa strategi PBL yang disertai asesmen formatif, seperti *Self-Diagnostic Learning Logs*, berkontribusi pada peningkatan capaian belajar secara menyeluruh. Penelitian oleh Lidia *et al.* (2018) juga mendukung temuan ini. Mereka menunjukkan bahwa PBL berbantuan modul fisika meningkatkan kemampuan metakognitif siswa. Karena metakognitif erat kaitannya dengan kemampuan mengevaluasi dan memperbaiki strategi penyelesaian masalah, maka temuan ini relevan dengan hasil *N-Gain* yang tinggi pada indikator *evaluasi solusi* dalam penelitian ini.

Kemudian data *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji normalitas dengan berbantuan *software SPSS*, hasil uji normalitas pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas *Shapiro Wilk* (Kelas Eksperimen)

Kelompok	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Pretest	.725	36	<001
Posttest	.889	36	.002

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas *Shapiro Wilk* (Kelas Kontrol)

Kelompok	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Pretest	.899	36	.003
Posttest	.937	36	.040

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 dari hasil data uji normalitas pada *shapiro wilk* pada *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen didapatkan bahwa nilai signifikan sebesar 0,001. Sedangkan pada kelas kontrol memiliki nilai signifikan sebesar 0,003 pada *pretest* dan 0,04. Hasil dari kelas eksperimen dan kontrol nilai signifikan <0,05. Hasil uji normalitas dengan menggunakan *shapiro wilk* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak terdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis lanjutan dilakukan dengan pendekatan statistik nonparametrik, yakni menggunakan Uji *Mann-Whitney U Test*.

Hasil uji statistik non parametrik *Mann-Whitney U Test* dapat ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Hipotesis *Mann-Whitney U Test*

Variabel	Nilai
Mann-Whitney U	261.000
Z	-4.383
Signifikansi	<,001

Berdasarkan Tabel 7 hasil dari uji hipotesis dengan menggunakan *Mann-Whitney U Test* pada kedua kelas didapatkan nilai *sig* <,001. Sehingga sesuai dengan pembuatan hipotesis dapat dikatakan bahwa H_1 diterima dan H_0 ditolak.

Setelah dianalisis uji *Rosenthal's r* maka didapatkan nilai *effect size* untuk kelas eksperimen dapat ditunjukkan Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Nilai *effect size* Pada Kelas Eksperimen

Nilai Z	Rosenthal's r	Kategori
-4.383	0,52	Tinggi

Dari hasil Tabel 8, diperoleh untuk nilai *effect size* pada kelas eksperimen mencapai 0,52, yang termasuk dalam kategori tinggi menurut klarifikasi Rosenthal (1991). Nilai ini mengindikasikan bahwa intervensi pembelajaran menggunakan asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model PBL menandakan berdampak terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik pada materi Termodinamika.

Temuan ini juga sejalan dengan pernyataan Branigan dan Donaldson, (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan *learning logs* secara terstruktur mendorong peserta didik untuk merefleksikan proses belajarnya, menilai pemahaman mereka sendiri, dan memperbaiki strategi belajar. Proses reflektif ini tidak hanya meningkatkan kemandirian belajar, tetapi juga menumbuhkan kesadaran metakognitif, yang pada akhirnya memperkuat proses pemecahan masalah secara mandiri. Integrasi *self-diagnostic learning logs* ke dalam model PBL terbukti menjadi kombinasi yang saling melengkapi, model PBL menyediakan konteks dan aktivitas berbasis masalah, sedangkan *learning logs* menyediakan ruang reflektif bagi peserta didik untuk mengevaluasi pemahamannya.

Hal ini juga diperkuat oleh hasil penelitian Benu *et al.*, (2023) yang menunjukkan bahwa asesmen formatif berbasis refleksi, ketika diintegrasikan dalam PBL berbasis STEM, meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik secara signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Nabila *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa peserta didik yang memiliki tingkat *self-directed learning* tinggi cenderung lebih efektif dalam pembelajaran

berbasis masalah. Oleh karena itu, *self-diagnostic learning logs* tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi formatif, namun juga sebagai sarana pembentukan sikap reflektif dan mandiri dalam belajar. Dalam penelitian ini, peserta didik mengidentifikasi sendiri di mana mereka keliru, dan mereka juga mencatat strategi yang lebih tepat untuk digunakan pada sesi berikutnya, yang memperkuat kualitas pada kemampuan pemecahan masalah.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: a) Terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah peserta didik pada pembelajaran dengan menerapkan asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL* pada materi termodinamika, b) Terdapat dampak integrasi asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* pada model *PBL* dalam kemampuan pemecahan masalah peserta didik SMA pada materi Termodinamika.

Penulis memberikan saran agar penelitian selanjutnya tidak hanya menguji efektivitas model pembelajaran yang sama pada materi termodinamika, namun pada materi yang berbeda. Asesmen formatif *self-diagnostic learning logs* juga dapat dilakukan umpan balik secara eksternal yaitu antara guru dan peserta didik, sehingga hasilnya bisa lebih optimal. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengkaji dampak penerapan model *PBL* ini terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi lainnya, seperti metakognisi, literasi sains, atau kreativitas, serta dapat menggunakan pendekatan *mixed-methods* untuk menggali data kuantitatif secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Bawi, M. I., Taresh, O. J., & Al-Taie, A. H. M. (2021). Physical problem-solving skills of students of the second vocational grade and their relationship to mental capacity. *Turkish Journal of Computer*

and Mathematics Education

, 12(13), 1636–1646.

Amalissholeh, N., Sutrio, S., Rokhmat, J., & Gunada, I. W. (2023). Analisis kesulitan belajar peserta didik pada pembelajaran fisika di SMAN 1 Kediri. *Empiricism Journal*, 4(2), 356–364. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1387>

Angellena, M., Switoro, E., & Putri, D. H. (2020). Pengaruh pembelajaran dengan model *problem solving* fisika (psf) terhadap prestasi belajar dan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Kumparan Fisika*, 3(2), 83–90. <https://doi.org/10.33369/jkf.3.2.83-90>

Aulia, I. M., Hikmawati, & Susilawati. (2022). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik pada materi usaha dan energi. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 8 (SpecialIssue), 52–57. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8ispecialissue.3558>

Branigan, H. E., & Donaldson, D. I. (2020). Teachers matter for metacognition: Facilitating metacognition in the primary school through teacher-pupil interactions. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 100718. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100718>

Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Pearson Education.

Cross, K. P., & Angelo, T. A. (1988). *Classroom assessment techniques: A handbook for faculty*. Ann Arbor, MI: The National Center for Research to Improve Post-Secondary Teaching and Learning, University of Michigan.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627–636. <https://doi.org/10.1119/1.17117>
- Hidayana, H., Ahzan, S., & Rahmawati, H. (2022). Penerapan model *problem-based learning* (PBL) dalam meningkatkan hasil belajar IPA fisika pada sub-pokok bahasan kalor. *Reflection Journal*, 2(2), 74–81. <https://doi.org/10.36312/rj.v2i2.1131>
- Iolanessa, L., Kaniawati, I., & Nugraha, M. G. (2020). Pengaruh *model problem based learning* (PBL) menggunakan pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa SMP. *WaPFi (Wahana Pendidikan Fisika)*, 5(1), 113–117.
- Firmansyah, F., Sukarno, S., Kafrita, N., & Al Farisi, S. (2022). Pengaruh model *problem based learning* (PBL) terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA Negeri 11 Muaro Jambi. *Physics and Science Education Journal* (PSEJ), 2(2), 76–88. <https://doi.org/10.30631/psej.v2i2.1447>.
- Lidia, R., Sarwi, S., & Nugroho, S. E. (2018). Pengaruh model pembelajaran *problem based learning* berbantuan modul terhadap kemampuan metakognitif siswa. *Unnes Physics Education Journal*, 7(2), 104–111.
- Mbonyiryivuze, A., Yadav, L. L., & Amadalo, M. M. (2021). Students' attitudes towards physics in nine years basic education in rwanda. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 10(2), 648–659. <https://doi.org/10.11591/ijere.v10i2.21173>
- Miranda, C., Nasir, M., & Rahmad, M. (2023). Analisis metakognitif dalam memecahkan masalah pada materi hukum termodinamika kelas XI SMAN 1 Tambang. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 5(1), 88–102. <https://doi.org/10.31540/sjpif.v5i1.2140>
- Nabila, P., Wahyuni, V., Festiyed, F., & Emillianur, E. (2024). Implementation of Formative Assessment in Physics Learning to Improve Students' Conceptual Understanding. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(3), 426. <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i3.12769>
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Sage Publications.
- Putri, M. P. S., Sudirman, S., & Pasaribu, A. (2016). Analisis kesalahan dalam menyelesaikan soal penerapan fisika dengan menggunakan lembar self-diagnosis pada mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 3(2), 1–6.
- Wilujeng, I. T. D., & Suliyannah, S. (2022). The Implementation of PBL model: An effort in upgrading students' problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 123–129. <https://doi.org/10.26618/jpf.v10i2.7187>
- Wong, F. M. F., & Kan, C. W. Y. (2022). Online problem-based learning intervention on self-directed learning and problem-solving through group work: A waitlist controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph19020720>
- Benu, M. Y. T., Parno, P., Handayanto, S. K., Yuliati, L., Putri, M. K., Jatmiko, B., & Ali, M. (2023). The effect of STEM approach with assessment formative in PBL on the problem-solving ability of prospective physics teacher on mechanical wave. In H. Habiddin et al. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Mathematics and Science Education* (ICoMSE 2023) (pp. 119–126). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-275%20-0_10