Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan
Volume 11, Nomor 4, November 2026
ISSN (Print): 2502-7069; ISSN (*Online*): 2620-8326

Analisis Peningkatan Pemahaman Konsep Pengukuran Pada Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan Educaplay: Studi Kuasi Eksperimen

Uyun Fitria Aryanti*, **I Wayan Gunada**, **Gunawan**
Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, FKIP, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram NTB, 83125. Indonesia
*Corresponding Author: uyunfitriaaryanti@gmail.com

Article History
Received : September 30th, 2026
Revised : October 15th, 2026
Accepted : October 25th, 2026

Abstract: Pemahaman konsep merupakan aspek penting dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi pengukuran. Rendahnya pemahaman konsep peserta didik menunjukkan perlunya penerapan model pembelajaran inovatif yang didukung media interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay terhadap pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X SMAN 4 Mataram. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi-eksperimen dan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Sampel ditentukan melalui teknik *purposive sampling*, terdiri atas 35 peserta didik kelas eksperimen dan 32 peserta didik kelas kontrol. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep sebanyak 30 soal pilihan ganda yang diberikan melalui *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis menggunakan uji *Independent Samples t-test* pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai *posttest* kelas eksperimen sebesar 75,24, sedangkan kelas kontrol sebesar 67,81. Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai t(65) = 2,675 dengan signifikansi 0,009 < 0,05, sehingga terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Dengan demikian, model PBL berbantuan Educaplay berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X.

Keywords: *Educaplay*, Pemahaman konsep pengukuran, *Problem-Based Learning.*

PENDAHULUAN

Pengukuran adalah bagian sentral aktivitas ilmiah yang melibatkan penggunaan alat ukur, pembacaan hasil, dan evaluasi ketelitian. Proses pengukuran berperan dalam praktikum fisika dan evaluasi hasilnya (Ilmiati,2024; Oktavia et al., 2024; Sembiring et al., 2023). Pokok bahasan pengukuran merupakan fondasi pembelajaran fisika karena hampir seluruh kegiatan penyelidikan ilmiah melibatkan identifikasi besaran, penggunaan satuan, pemilihan instrumen, pembacaan hasil, dan penilaian ketelitian.

Hartanti dan Wiyanto (2024) memperlihatkan bahwa kemampuan menaksir besaran fisika, yang berkaitan dengan pengalaman pengukuran, dapat berbeda menurut jenis besaran. Temuan ini menegaskan pentingnya pembelajaran yang menempatkan pengukuran sebagai kegiatan untuk memahami konsep dan penalaran.

Pemahaman konsep pengukuran dalam pembelajaran fisika tidak cukup dikembangkan melalui hafalan besaran pokok dan penerapan rumus konversi satuan. Peserta didik juga perlu mampu menafsirkan hasil pengukuran, menentukan prosedur yang sesuai, serta memberikan alasan ilmiah dalam memilih instrumen berdasarkan rentang, resolusi, dan ketidakpastian pengukuran. Kemampuan tersebut penting karena pemahaman tentang ketidakpastian dan kualitas data merupakan bagian dari penalaran ilmiah yang diperlukan dalam kegiatan eksperimen fisika (Werth et al., 2023; Geschwind et al., 2024).

Pembelajaran yang efektif bukan sekedar trasfer pengetahuan, namun sebagai proses pengembangan potensi peserta didik yang meliputi aktif, kreatif, kritis dan inovatif (Mea et al., 2024). Pembelajaran fisika akan menjadi bermakna apabila siswa memiliki kemampuan untuk memahami konsep dalam belajar (Nasution et al., 2025). Pembelajaran fisika hendaknya lebih memprioritaskan pada pemahaman konsep dibandingkan mengingat sebab terbukti berdampak positif pada capaian hasil belajar peserta didik.

Pemahaman konsep pengukuran dalam penelitian ini mencakup tujuh indikator, yaitu

menafsirkan, memberikan contoh, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan. Kemampuan tersebut tercermin dari kecakapan peserta didik dalam menghubungkan representasi visual, data numerik, dan fenomena sehari-hari dengan konsep fisika, serta memberikan alasan ilmiah dalam menentukan alat, prosedur, dan satuan pengukuran yang tepat (Herimanto et al., 2018; Janah & Hidayati, 2025).

Hasil studi pendahuluan melalui wawancara dengan guru fisika kelas X di SMAN 4 Mataram menunjukkan bahwa proses pembelajaran telah menerapkan metode ceramah yang dipadukan dengan aktivitas interaktif, termasuk pemberian soal yang divariasikan berdasarkan nomor absen peserta didik. Meskipun demikian, guru mengungkapkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep pengukuran. Temuan awal ini memberikan gambaran kontekstual mengenai permasalahan pembelajaran, tetapi belum didasarkan pada asesmen diagnostik terstandar. Oleh karena itu, kondisi tersebut menjadi dasar pertimbangan untuk mengkaji efektivitas pendekatan pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam menganalisis permasalahan pengukuran, membangun pemahaman konseptual, serta memperoleh umpan balik selama proses pembelajaran.

Salah satu pendekatan yang relevan adalah *Problem-Based Learning* (PBL), yang menempatkan permasalahan kontekstual sebagai titik awal pembelajaran untuk mendorong peserta didik mengidentifikasi, mengeksplorasi alternatif penyelesaian, mengemukakan alasan ilmiah, dan mengevaluasi hasil pemecahan masalah. Tinjauan sistematis Nicholus et al., (2023) menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian yang ditelaah melaporkan dampak positif penerapan PBL dalam pembelajaran fisika, terutama terhadap prestasi akademik dan kemampuan pemecahan masalah. Sejalan dengan temuan tersebut, meta-analisis Wijaya et al., (2021) melaporkan kecenderungan pengaruh positif PBL terhadap pemahaman konsep fisika peserta didik SMA. Namun, efektivitas PBL dapat bervariasi bergantung pada karakteristik materi, strategi pembelajaran pendukung, dan rancangan penelitian.

Penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) dapat diperkuat melalui penggunaan media digital yang mendukung keterlibatan aktif peserta didik dalam memahami konsep fisika. Penelitian Rianti et al., (2024) menunjukkan bahwa PBL berbantuan simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika. Sejalan dengan temuan tersebut, Maharani et al., (2024) melaporkan adanya perbedaan hasil belajar peserta didik melalui penerapan PBL berbantuan PhET pada materi usaha dan energi. Sementara itu, kajian literatur Safanah et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan media pendukung PBL dalam pembelajaran fisika cukup beragam, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk menguji efektivitas media yang berbeda pada materi pembelajaran tertentu.

Karakteristik pembelajaran fisika yang menuntut kemampuan berpikir logis, memahami hubungan antarkonsep, dan mengaitkan konsep dengan fenomena sehari-hari menjadikan PBL sebagai salah satu pendekatan yang relevan. Melalui PBL, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep secara teoretis, tetapi juga dilatih untuk menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual. Pendekatan ini sejalan dengan arah Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, dan penguatan kompetensi esensial peserta didik (Kemdikbud et al., 2022). Meskipun demikian, media simulasi seperti PhET dan media permainan edukatif memiliki karakteristik serta fungsi pembelajaran yang berbeda. Oleh karena itu, penggunaan media digital interaktif lainnya, seperti *Educaplay*, perlu dikaji sebagai alternatif pendukung PBL untuk membantu peserta didik memahami konsep fisika melalui latihan, aktivitas interaktif, dan umpan balik pembelajaran.

Educaplay merupakan platform pembelajaran digital yang menyediakan berbagai aktivitas interaktif, seperti kuis, teka-teki silang, dan permainan edukatif yang dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran. Graça et al., (2022) menunjukkan bahwa *Educaplay* berpotensi menjadi media pendukung pembelajaran melalui aktivitas interaktif pada berbagai mata pelajaran di tingkat pendidikan dasar. Sejalan dengan hal tersebut, meta-analisis Sailer dan Homner (2020) menemukan bahwa penerapan gamifikasi secara umum memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar kognitif, meskipun efektivitasnya bervariasi antarpenelitian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas berbasis permainan dapat dimanfaatkan untuk mendukung latihan dan pemberian umpan balik kepada peserta didik. Namun, efektivitas *Educaplay* dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika masih

perlu diuji sesuai dengan karakteristik materi dan kondisi pembelajaran.

Penelitian mengenai penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan *Educaplay* dalam pembelajaran fisika telah dilakukan oleh Maheswari et al., (2025). Penelitian tersebut melibatkan peserta didik kelas XI dan menunjukkan bahwa kelompok yang memperoleh pembelajaran PBL berbantuan *Educaplay* mencapai hasil belajar fisika lebih tinggi dibandingkan kelompok pembanding. Meskipun demikian, penelitian tersebut berfokus pada hasil belajar fisika secara umum, sedangkan penelitian ini secara khusus mengkaji pemahaman konsep pengukuran pada peserta didik kelas X. Pemahaman konsep yang diteliti mencakup kemampuan menafsirkan, memberikan contoh, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan konsep pengukuran. Oleh karena itu, temuan penelitian sebelumnya belum dapat secara langsung menggambarkan efektivitas PBL berbantuan *Educaplay* dalam meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap besaran, satuan, penggunaan alat ukur, dan angka penting.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, kesenjangan penelitian (*research gap*) terletak pada masih terbatasnya bukti empiris mengenai penerapan PBL berbantuan *Educaplay* yang secara khusus mengukur pemahaman konsep pengukuran pada peserta didik kelas X. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi PBL dan penggunaan media digital dalam mendukung pembelajaran fisika, tetapi kajian yang mengintegrasikan PBL sebagai model pembelajaran berbasis masalah, *Educaplay* sebagai media latihan interaktif, dan tujuh indikator pemahaman konsep pada materi pengukuran masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menguji efektivitas PBL berbantuan *Educaplay* dalam meningkatkan pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X di SMAN 4 Mataram. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai pemanfaatan media pembelajaran interaktif dalam PBL, khususnya untuk mendukung penguasaan konsep pengukuran dalam pembelajaran fisika.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengujian empiris penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan *Educaplay* yang secara khusus berfokus pada pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X. Berbeda dari penelitian yang mengukur hasil belajar secara umum, penelitian ini menggunakan tujuh indikator pemahaman konsep yang mengacu pada ranah kognitif memahami dalam taksonomi Bloom revisi, yaitu menafsirkan, memberikan contoh, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan. Integrasi PBL dan *Educaplay* diharapkan dapat mendukung pembelajaran berbasis pemecahan masalah melalui aktivitas interaktif yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berlatih dan memperkuat pemahaman konsep. Dasar pemikiran ini sejalan dengan Sailer dan Homner (2020), yang melaporkan bahwa gamifikasi memiliki pengaruh positif terhadap hasil belajar kognitif, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik penerapan dan konteks pembelajaran.

Secara empiris, penelitian ini memberikan bukti melalui perbandingan hasil tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) antara kelas eksperimen yang menerapkan PBL berbantuan *Educaplay* dan kelas kontrol yang menggunakan pendekatan pembelajaran berbeda. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi guru dalam mengembangkan pembelajaran pengukuran yang memadukan penyelidikan masalah dengan latihan interaktif. Sementara itu, kontribusi metodologis penelitian terletak pada evaluasi perbedaan capaian pemahaman konsep antarkelompok melalui rancangan kuasi-eksperimen. Interpretasi hasil tetap mempertimbangkan perbedaan kemampuan awal dan karakteristik kelompok yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan bukti empiris mengenai efektivitas penerapan PBL berbantuan *Educaplay* pada materi pengukuran, tanpa mengabaikan keterbatasan rancangan penelitian dalam menjelaskan hubungan sebab akibat. Berdasarkan kebaruan dan kontribusi yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan pemahaman konsep pengukuran antara peserta didik yang mengikuti pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan *Educaplay* dan pembelajaran konvensional. Fokus penelitian diarahkan pada pengujian signifikansi perbedaan rata-rata skor *posttest* kedua kelompok, dengan hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak terdapat perbedaan dan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan terdapat perbedaan yang signifikan. Perubahan rata-rata skor *pretest* dan *posttest* turut dianalisis secara deskriptif untuk memberikan

gambaran perkembangan pemahaman konsep pada masing-masing kelompok.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi-eksperimen (*quasi-experimental*) dan desain *Nonequivalent Control Group Design* (Sugiyono, 2013). Penelitian dilaksanakan di SMAN 4 Mataram pada semester ganjil tahun ajaran 2026/2027. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas X SMAN 4 Mataram yang berjumlah 106 peserta didik. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013), dengan jumlah 67 peserta didik yang terdiri atas kelas X.9 sebagai kelas eksperimen sebanyak 35 peserta didik dan kelas X.7 sebagai kelas kontrol sebanyak 32 peserta didik. Prosedur penelitian meliputi tiga tahap, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan tahap akhir. Tahap persiapan mencakup penyusunan perangkat pembelajaran, penyusunan dan pengujian instrumen, serta pemberian tes awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik.

Pada tahap pelaksanaan, kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay, sedangkan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Pembelajaran pada kelas eksperimen dilaksanakan melalui tahapan penyajian masalah, diskusi, penyelesaian masalah, berbagi informasi, penyajian solusi, dan refleksi dengan memanfaatkan Educaplay sebagai media pembelajaran interaktif. Setelah perlakuan, kedua kelas diberikan tes akhir (*posttest*) untuk mengukur pemahaman konsep pengukuran. Pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen tes pemahaman konsep berupa 30 soal pilihan ganda.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*, sedangkan analisis inferensial diawali dengan uji prasyarat berupa uji normalitas menggunakan *Shapiro–Wilk* (Sujarweni, 2022; Ritonga et al., 2025) dan uji homogenitas menggunakan *Levene's Test* (Usmadi, 2020). Selanjutnya, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* untuk mengetahui perbedaan rata-rata pemahaman konsep pengukuran antara kelas eksperimen dan kelas kontrol (Indriyanti et al., 2025). Seluruh pengujian statistik dilakukan pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0{,}05$), dengan kriteria pengambilan keputusan bahwa H_0 ditolak apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05. Skema desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skema desain dan kelompok penelitian

Kelompok	Pretest	Pembelajaran	Posttest
Eksperimen	(O_1)	PBL berbantuan *Educaplay* (X)	(O_2)
Kontrol	(O_3)	Pembelajaran konvensional	(O_4)

Keterangan
O_1 : Pretest yang diberikan kepada kelas eksperimen
O_2 : Posttest yang diberikan kepada kelas eksperimen
O_3 : Pretest yang diberikan kepada kelas kontrol
O_4 : Posttest yang diberikan kepada kelas control
X : Pembelajaran PBL berbantuan *Educaplay*
Y : Pembelajaran konvensional

Pembelajaran pada kelas eksperimen menerapkan *Problem-Based Learning* (PBL) dengan masalah kontekstual sebagai dasar kegiatan belajar. Tahapan PBL meliputi orientasi masalah, pengorganisasian peserta didik, penyelidikan, diskusi dan penyajian hasil, serta evaluasi proses dan hasil pemecahan masalah. Permasalahan yang diberikan berkaitan dengan pemilihan alat ukur, ketelitian pengukuran, penggunaan besaran dan satuan, serta penerapan angka penting.

Educaplay digunakan sebagai media pendukung PBL melalui aktivitas *Froggy Jumps*, *crossword puzzle*, dan *quiz*. Aktivitas tersebut diterapkan pada tahap awal atau penguatan pembelajaran untuk membantu peserta didik mengenali istilah, menjawab pertanyaan, dan meninjau kembali konsep pengukuran. Integrasi ini memadukan penyelidikan masalah dengan latihan interaktif agar penggunaan permainan tetap mendukung tujuan pembelajaran (Graça et al., 2022; Sailer & Homner, 2020). Namun, penelitian ini tidak menganalisis data interaksi, jumlah aktivitas yang diselesaikan, maupun kualitas umpan balik setiap peserta didik. Oleh karena itu, efektivitas masing-masing fitur *Educaplay* tidak dievaluasi secara terpisah.

Pemahaman konsep diukur menggunakan tes pilihan ganda sebanyak 30 butir yang diberikan melalui *pretest* dan *posttest*. Materi tes mencakup besaran dan satuan, penggunaan alat ukur, ketelitian pengukuran, serta angka penting.

Uji coba instrumen dilakukan terhadap 35 responden melalui analisis korelasi Pearson, reliabilitas KR-20, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Hasil korelasi butir berkisar antara 0,336–0,581 dan seluruhnya melampaui nilai r tabel sebesar 0,334 (df= 33). Reliabilitas tes sebesar 0,836 menunjukkan konsistensi internal yang baik. Ringkasan hasil pengujian instrumen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan kualitas instrumen tes pemahaman konsep

Aspek	Hasil yang dilaporkan	Interpretasi
Jumlah butir	30 soal pilihan ganda	Skor total pemahaman konsep
Korelasi butir (Pearson)	0,336 – 0,581; r tabel = 0,334	30 butir melampaui ambang yang dipakai dalam draf
Reliabilitas KR-20	0,836	Konsistensi internal baik
Tingkat kesukaran	29 sedang; 1 sukar; 0 mudah	Mayoritas butir berkategori sedang
Daya pembeda	22 cukup; 8 baik	Semua butir memenuhi kategori yang dilaporkan

Analisis kualitas instrumen harus dibaca sesuai jenis bukti yang tersedia. Penilaian ahli terhadap kesesuaian butir dan indikator, dokumentasi fungsi pengecoh, pemakaian korelasi butir-total terkoreksi, serta identitas sampel uji coba perlu diverifikasi dari data penelitian sebelum naskah final dikirim. Hidayatin et al., (2022) menempatkan validasi perangkat dan instrumen sebagai bagian penting dalam pengembangan pembelajaran fisika; prinsip tersebut mendukung perlunya pelaporan kualitas alat ukur yang tidak berhenti pada satu koefisien statistik.

Teknik analisis data dianalisis secara deskriptif menggunakan ukuran sampel, rata-rata, simpangan baku, nilai minimum, dan maksimum. Analisis prasyarat yang tersedia mencakup Shapiro–Wilk untuk skor pretest dan posttest pada masing-masing kelas serta Levene untuk kesamaan varians antarkelompok. Uji hipotesis utama menggunakan independent-samples t-test dua arah pada skor posttest dengan taraf signifikansi 0,05.

Analisis *normalized gain* (N-gain) digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar peserta didik dengan membandingkan skor sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran terhadap peningkatan maksimum yang secara teoritis dapat dicapai. Hake (1998) memperkenalkan *average normalized gain* sebagai ukuran deskriptif untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman konsep berdasarkan perubahan rata-rata skor sebelum dan sesudah pembelajaran. N-gain dapat dihitung berdasarkan rata-rata skor kelompok atau skor individual peserta didik, meskipun kedua pendekatan tersebut tidak selalu menghasilkan nilai yang sama.

Secara matematis, N-gain diperoleh dari selisih skor *posttest* dan *pretest* yang dibagi dengan selisih antara skor maksimum dan skor *pretest*. Hasil perhitungan selanjutnya dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu rendah ($g < 0{,}30$), sedang ($0{,}30 \leq g < 0{,}70$), dan tinggi ($g \geq 0{,}70$), berdasarkan batas kategorisasi yang dikembangkan dari pendekatan Hake (1998). Meskipun demikian, interpretasi N-gain perlu mempertimbangkan karakteristik skor awal peserta didik karena nilai tersebut merupakan indikator peningkatan hasil belajar secara deskriptif dan tidak secara langsung membuktikan efektivitas suatu perlakuan pembelajaran (Nissen et al., 2018; Burkholder et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas instrumen

Hasil uji coba menunjukkan 30 butir melampaui r tabel yang digunakan pada penelitian. Koefisien KR-20 sebesar 0,836 menunjukkan konsistensi internal yang baik. Berdasarkan tingkat kesukaran, 29 butir termasuk kategori sedang dan satu butir kategori sukar. kemudian ditinjau dari sisi daya pembeda, 22 butir berkategori cukup dan delapan berkategori baik. Hasil ini mendukung penggunaan skor total sebagai indikator operasional pemahaman konsep.

Deskripsi kemampuan awal dan akhir

Kemampuan awal peserta didik, rata-rata skor kelas eksperimen adalah 40,57 (SD = 9,51), sementara kelas kontrol 38,13 (SD = 7,43). Selisih awal sebesar 2,44 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kedua kelas tidak identik. Selanjutnya setelah pembelajaran, rata-rata kelas eksperimen

meningkat menjadi 75,24 (SD = 11,78), sedangkan kelas kontrol meningkat menjadi 67,81 (SD = 10,86). Data secara rinci tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik deskriptif skor pretest dan posttest

Statistik	Eksperimen		Kontrol	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Jumlah peserta didik	35	35	32	32
Rata-rata	40,57	75,24	38,13	67,81
Simpangan baku	9,51	11,78	7,43	10,86
Skor minimum	20,00	46,67	23,33	43,33
Skor maksimum	63,33	100,00	50,00	90,00

Secara deskriptif, peningkatan rerata dalam kelas eksperimen adalah 34,67, sedangkan dalam kelas kontrol 29,68. Selisih dua perubahan rerata tersebut adalah 4,99. Angka ini merupakan perbandingan deskriptif, bukan estimasi signifikansi statistik efek perubahan. Dengan demikian, hasil yang dapat diuji berdasarkan uji hipotesis utama adalah perbedaan rerata posttest, bukan perbedaan peningkatan setelah mengontrol kemampuan awal.

Hasil uji prasyarat dan pengujian hipotesis

Berdasarkan hasil uji normalitas, nilai p Shapiro–Wilk untuk pretest dan posttest kelas eksperimen adalah 0,805 dan 0,714. Nilai p pada kelas kontrol adalah 0,107 dan 0,964. Seluruh nilai lebih besar daripada 0,05, sehingga pengujian tersebut tidak memberikan bukti yang cukup untuk menolak asumsi normalitas pada masing-masing sebaran skor. Uji Levene berbasis rata-rata menghasilkan p = 0,495 untuk pretest dan p = 0,688 untuk posttest. Dengan demikian, tidak ditemukan bukti statistik mengenai perbedaan varians berdasarkan pengujian yang dilaporkan.

Uji t dua sampel independen dengan asumsi varians sama menghasilkan t (65) = 2,675 dan p = 0,009 (dua arah). Selisih rerata posttest sebesar 7,43 pada kelas eksperimen. Berdasarkan rata-rata dan simpangan baku dengan tingkat kepercayaan 95% untuk selisih tersebut sekitar 1,89 – 12,97 poin. Estimasi Cohen's d sekitar 0,65 dan koreksi sampel kecil. Ukuran efek ini menunjukkan perbedaan terstandar yang berada pada kisaran sedang.

Tabel 4. Ringkasan uji prasyarat dan perbedaan rata-rata posttest

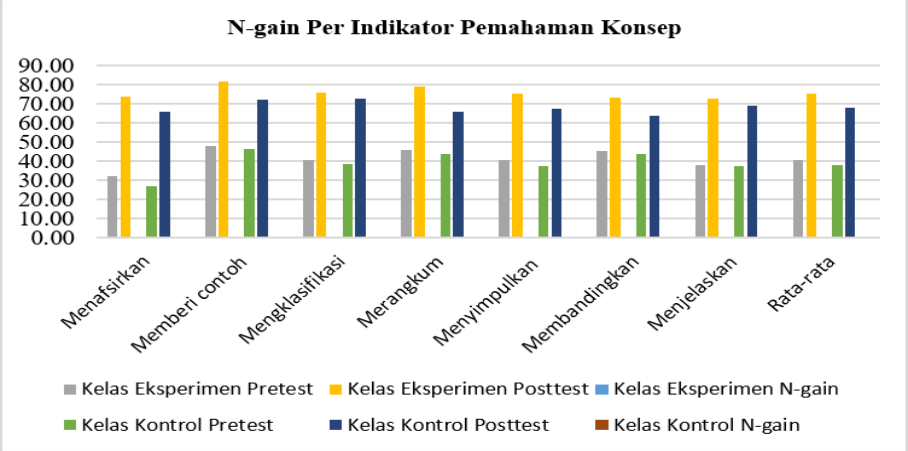
Uji atau parameter	Nilai	Keterangan
Shapiro–Wilk eksperimen (pretest; posttest)	0,805; 0,714	p > 0,05
Shapiro–Wilk kontrol (pretest; posttest)	0,107; 0,964	p > 0,05
Levene pretest; posttest	0,495; 0,688	p > 0,05
Uji t posttest (asumsi varians sama)	t (65) = 2,675; p = 0,009	Perbedaan signifikan
Selisih rerata posttest	7,43 poin	Eksperimen lebih tinggi
IK 95% selisih rerata	sekitar 1,89–12,97	Dihitung dari statistik ringkasan
Hedges' g	sekitar 0,65	Dihitung dari statistik ringkasan

Perbedaan rerata posttest yang signifikan menjawab hipotesis penelitian sebagaimana dirumuskan, tetapi tidak dapat langsung digunakan untuk menyatakan bahwa seluruh selisih merupakan akibat kausal dari penggunaan *Educaplay* atau PBL secara terpisah. Hal tersebut berkaitan dengan kemungkinan karakteristik kelas, perbedaan kemampuan awal, dan faktor pembelajaran lain yang belum terkontrol pada desain penelitian. Hasil N-gain pemahaman konsep pada pokok bahasan pengukuran antara

kedua kelas, dapat disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 1.

Tabel 5. Hasil N-gain Pemahaman Konsep Berdasarkan Indikator

Indikator Pemahaman Konsep	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
	Pretest	Posttest	N-gain	Pretest	Posttest	N-gain
Menafsirkan	32.38	73.81	0.61	27.08	65.63	0.53
Memberi contoh	47.86	81.43	0.64	46.09	71.88	0.48
Mengklasifikasi	40.71	75.71	0.59	38.28	72.66	0.56
Merangkum	45.71	78.57	0.61	43.75	65.63	0.39
Menyimpulkan	40.71	75.00	0.58	37.50	67.19	0.48
Membandingkan	45.14	73.14	0.51	43.75	63.75	0.36
Menjelaskan	37.71	72.57	0.56	37.50	68.75	0.50
Rata-rata	40.57	75.24	0.58	38.13	67.81	0.48



Gambar 1. Grafik N-gain Pemahaman Konsep Tiap Indikator

Hasil analisis N-gain menunjukkan bahwa pemahaman konsep pengukuran peserta didik meningkat pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol, meskipun besarnya peningkatan berbeda. Pada kelas eksperimen yang menerapkan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay, rata-rata skor pretest meningkat dari 40,57 menjadi 75,24 pada posttest, dengan nilai N-gain sebesar 0,58 yang termasuk kategori sedang. Sementara itu, kelas kontrol menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 38,13 menjadi 67,81, dengan nilai N-gain sebesar 0,48 yang juga berada pada kategori sedang. Perbedaan N-gain sebesar 0,10 menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konsep secara deskriptif lebih besar pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran PBL berbantuan Educaplay berpotensi memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan pemahaman konsep pengukuran, meskipun kedua pendekatan pembelajaran sama-sama menunjukkan peningkatan hasil belajar.

Analisis berdasarkan tujuh indikator pemahaman konsep memperlihatkan bahwa seluruh indikator pada kelas eksperimen memiliki nilai N-gain lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Peningkatan tertinggi pada kelas eksperimen terdapat pada indikator memberi contoh, dengan nilai N-gain sebesar 0,64, diikuti indikator menafsirkan dan merangkum yang masing-masing memperoleh nilai 0,61. Indikator mengklasifikasi mencapai N-gain sebesar 0,59, menyimpulkan sebesar 0,58, dan menjelaskan sebesar 0,56. Sementara itu, indikator membandingkan memperoleh nilai terendah, yaitu 0,51. Meskipun terdapat perbedaan besarnya peningkatan antarindikator, seluruh nilai N-gain kelas eksperimen berada dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konsep tidak hanya terjadi pada skor keseluruhan, tetapi juga mencakup seluruh indikator kognitif yang diukur dalam penelitian.

Pada kelas kontrol, peningkatan tertinggi ditemukan pada indikator mengklasifikasi dengan nilai N-gain sebesar 0,56, diikuti indikator menafsirkan sebesar 0,53 dan menjelaskan sebesar 0,50. Indikator memberi contoh dan menyimpulkan masing-masing memperoleh nilai 0,48, sedangkan merangkum mencapai 0,39. Nilai

terendah terdapat pada indikator membandingkan, yaitu 0,36. Perbandingan kedua kelas memperlihatkan bahwa perbedaan N-gain terbesar terjadi pada indikator merangkum, dengan selisih 0,22, diikuti indikator memberi contoh sebesar 0,16 dan membandingkan sebesar 0,15. Sebaliknya, perbedaan terkecil terdapat pada indikator mengklasifikasi, yaitu 0,03. Pola tersebut menunjukkan bahwa keunggulan deskriptif kelas eksperimen tidak memiliki besaran yang seragam pada setiap indikator.

Pembahasan

Makna perbedaan pemahaman konsep pengukuran

Temuan utama penelitian adalah capaian posttest pemahaman konsep pengukuran pada kelas PBL berbantuan *Educaplay* lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional. Selisih rerata 7,43 poin dan nilai p = 0,009 menunjukkan bahwa perbedaan yang diamati tidak mudah dijelaskan semata-mata oleh variasi pengambilan sampel di bawah model statistik yang digunakan. Interval kepercayaan 95% yang tidak melintasi nol memberikan informasi tambahan mengenai arah estimasi, sedangkan Hedges' g sekitar 0,65 memperlihatkan perbedaan yang bermakna pada skala simpangan baku gabungan. Walaupun demikian, besaran perbedaan perlu dibaca bersama kondisi awal kedua kelas dan sifat pemilihan sampel yang tidak acak.

Pada awal penelitian, kelas eksperimen telah mempunyai rerata yang sedikit lebih tinggi daripada kelas kontrol. Kedua kelompok kemudian menunjukkan kenaikan rerata, tetapi kenaikan deskriptif kelas eksperimen lebih besar. Karena analisis utama dilakukan pada skor akhir, kesimpulan paling kuat yang saat ini didukung data ialah keunggulan capaian posttest kelompok eksperimen dalam konteks kelas yang diteliti. Klaim bahwa model terbukti menghasilkan peningkatan yang secara statistik lebih besar daripada kontrol membutuhkan pengujian skor perubahan atau model penyesuaian pretest. Kehati-hatian ini sesuai dengan prinsip evaluasi kuasi-eksperimental yang menempatkan kesetaraan awal sebagai persoalan inferensi, bukan hanya persoalan homogenitas varians (Institute of Education Sciences, 2022).

Peran PBL dalam menghubungkan masalah nyata dan konsep fisika

Secara teoretis, PBL menyediakan jalur belajar yang relevan bagi materi pengukuran karena mendorong peserta didik mengidentifikasi kebutuhan informasi, memilih strategi, dan mempertanggungjawabkan jawaban. Pada masalah pembacaan mikrometer sekrup, misalnya, peserta didik harus menentukan bagian skala yang relevan, menggabungkan informasi skala, dan menuliskan hasil dengan satuan yang benar. Saat membandingkan alat ukur, mereka harus menimbang perbedaan resolusi, kegunaan, dan ketelitian. Aktivitas tersebut menuntut pemakaian konsep dalam situasi yang tidak identik dengan soal hafalan. Penjelasan ini menggambarkan mekanisme pembelajaran yang mungkin terjadi dan konsisten dengan prinsip PBL, tetapi penelitian sekarang tidak mengukur perubahan strategi berpikir peserta didik melalui observasi atau wawancara.

Temuan penelitian ini sejalan dengan sejumlah penelitian terdahulu yang menunjukkan potensi penerapan Problem Based Learning (PBL) dalam pembelajaran fisika. Wijaya et al. (2021) melalui meta-analisis dan Nicholus et al. (2023) melalui tinjauan sistematis membahas penerapan PBL dalam pembelajaran fisika. Rianti et al., (2024) melaporkan adanya perbedaan pemahaman konsep pada pembelajaran yang menerapkan PBL berbantuan media digital, sedangkan Hidayatin et al., (2022) mengkaji penerapan perangkat pembelajaran berbasis PBL pada materi momentum dan impuls. Kesamaan penelitian tersebut terletak pada penggunaan pendekatan berbasis masalah untuk mendukung proses pembelajaran dan penguasaan konsep peserta didik. Meskipun demikian, perbedaan materi, media pembelajaran, instrumen pengukuran, dan desain penelitian perlu dipertimbangkan dalam membandingkan hasilnya. Dengan demikian, penelitian terdahulu tersebut menjadi landasan pendukung bagi pembahasan hasil penelitian ini, tetapi tidak dapat dijadikan bukti langsung mengenai efektivitas PBL berbantuan Educaplay pada materi pengukuran.

Educaplay sebagai pendukung latihan dan umpan balik

Penggunaan *Educaplay* dalam penelitian ini, terutama melalui Froggy Jumps, crossword puzzle, dan quiz, berpotensi membantu peserta didik mengulang istilah, memeriksa pemahaman awal, dan memperoleh kesempatan latihan tambahan setelah mempelajari masalah. Fungsi tersebut berbeda dari proses penyelidikan inti PBL. PBL memberi struktur untuk menelaah

masalah, sedangkan *Educaplay* menyediakan bentuk latihan yang lebih interaktif. Pembedaan fungsi kedua unsur ini penting agar keberhasilan pembelajaran tidak disederhanakan menjadi akibat penggunaan perangkat digital semata.

Graça et al. (2022) menemukan bahwa *Educaplay* dapat diintegrasikan dalam kegiatan lintas mata pelajaran sebagai sumber pembelajaran. Temuan Sailer dan Homner (2020) juga memberikan dasar empiris umum mengenai potensi gamifikasi untuk hasil belajar kognitif. Namun, kedua sumber tersebut tidak menguji mekanisme yang identik dengan penelitian ini. Selain itu, karena kelas pembanding tidak menggunakan PBL tanpa *Educaplay*, rancangan penelitian tidak mampu memisahkan kontribusi aktivitas permainan dari kontribusi model PBL, kualitas fasilitasi guru, maupun latihan tambahan. Klaim bahwa skor meningkat karena umpan balik *Educaplay* harus diuji lebih jauh menggunakan rekam aktivitas dan bukti keterlibatan peserta didik.

Analisis Pemahaman Konsep Berdasarkan Indikator

Analisis *Normalized Gain* (N-gain) dilakukan untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep peserta didik berdasarkan hasil pretest dan posttest. Analisis dilakukan terhadap tujuh indikator pemahaman konsep, yaitu menafsirkan, memberi contoh, mengklasifikasi, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan. Hasil perhitungan N-gain menunjukkan bahwa rata-rata N-gain kelas eksperimen sebesar 0,59, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,41. Berdasarkan kriteria interpretasi N-gain, kedua kelas berada dalam kategori sedang. Meskipun demikian, nilai N-gain kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol, sehingga secara deskriptif kelas eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang lebih besar.

Berdasarkan hasil analisis pada setiap indikator di kelas eksperimen, nilai N-gain tertinggi terdapat pada indikator memberi contoh, yaitu sebesar 0,64. Selanjutnya, indikator menafsirkan dan merangkum masing-masing memperoleh nilai N-gain sebesar 0,61, indikator mengklasifikasi sebesar 0,59, indikator menyimpulkan sebesar 0,58, indikator menjelaskan sebesar 0,56, dan indikator membandingkan sebesar 0,51. Seluruh indikator tersebut berada dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konsep pada kelas eksperimen terjadi pada seluruh indikator yang diukur, meskipun besarnya peningkatan berbeda-beda.

Tingginya nilai N-gain pada indikator memberi contoh menunjukkan bahwa peningkatan relatif terbesar di kelas eksperimen terjadi pada kemampuan peserta didik dalam memberikan contoh yang berkaitan dengan konsep pengukuran. Hal ini dapat dikaitkan dengan penerapan model Problem Based Learning (PBL) yang menghadirkan permasalahan kontekstual dalam pembelajaran. Melalui permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, peserta didik memperoleh kesempatan untuk menghubungkan konsep pengukuran dengan situasi konkret. Penggunaan *Educaplay* sebagai media interaktif juga mendukung penyajian aktivitas dan latihan yang berkaitan dengan materi pembelajaran.

Sementara itu, indikator membandingkan memperoleh nilai N-gain terendah di kelas eksperimen, yaitu sebesar 0,51, meskipun masih berada dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan relatif pada kemampuan membandingkan lebih rendah dibandingkan keenam indikator lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konsep tidak berlangsung secara seragam pada setiap indikator. Oleh karena itu, aktivitas pembelajaran dapat lebih diarahkan untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik dalam membandingkan hasil pengukuran, ketelitian alat ukur, satuan, serta karakteristik besaran yang dipelajari.

Pada kelas kontrol, rata-rata N-gain sebesar 0,41 juga termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik pada kelas kontrol tetap mengalami peningkatan pemahaman konsep setelah mengikuti pembelajaran konvensional. Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep terjadi pada kedua kelas, tetapi nilai N-gain rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Perbedaan nilai tersebut memberikan gambaran deskriptif bahwa penerapan PBL berbantuan *Educaplay* berkaitan dengan peningkatan pemahaman konsep yang lebih besar pada kelas eksperimen. Secara keseluruhan, hasil analisis N-gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan pemahaman konsep dengan kategori sedang pada seluruh indikator, dengan nilai tertinggi pada indikator memberi contoh sebesar 0,64 dan nilai terendah pada indikator membandingkan sebesar 0,51.

Sementara itu, rata-rata N-gain kelas kontrol sebesar 0,41 juga berada dalam kategori sedang. Hasil ini memberikan gambaran mengenai pola peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada materi pengukuran setelah mengikuti pembelajaran di masing-masing kelas.

Hasil penelitian Maheswari et al., (2025) yang meneliti kombinasi PBL dan *Educaplay* pada pembelajaran fisika. Penelitian tersebut mengevaluasi hasil belajar kelas XI dengan instrumen tes berbentuk uraian, sedangkan hasil penelittiaan in memusatkan perhatian pada skor pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X. Penelitian Maharani et al., (2024) dan Rianti et al., (2024) memperlihatkan bahwa integrasi PBL dengan media digital telah diteliti pada konteks fisika lain, tetapi jenis medianya berbeda. Tinjauan Safanah et al., (2025) juga menempatkan variasi media sebagai ruang pengembangan penelitian PBL fisika.

Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan bukti empiris mengenai capaian pemahaman konsep peserta didik pada materi pengukuran melalui penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay. Penelitian ini tidak bertujuan mengembangkan model PBL baru ataupun memperkenalkan Educaplay sebagai media pembelajaran yang belum pernah digunakan sebelumnya, melainkan mengkaji penerapannya pada materi dan subjek penelitian yang spesifik. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi guru dalam merancang pembelajaran yang memadukan penyelesaian masalah dengan aktivitas interaktif. Namun, penerapannya perlu disesuaikan dengan tujuan pembelajaran, ketersediaan akses teknologi, karakteristik peserta didik, serta keterlaksanaan tahapan PBL agar kegiatan pembelajaran dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

Dengan demikian, penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay dapat dinyatakan dapat meningkatkan pemahaman konsep pengukuran peserta didik kelas X. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-gain kelas eksperimen yang lebih tinggi daripada kelas kontrol serta adanya peningkatan pada seluruh indikator pemahaman konsep. Meskipun peningkatannya berada dalam kategori sedang, PBL berbantuan Educaplay menunjukkan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan pemahaman konsep pengukuran dibandingkan pembelajaran konvensional.

Keterbatasan Penelitian dan Implikasi

Penelitian memiliki beberapa keterbatasan yang memengaruhi tingkat keyakinan terhadap interpretasi hasil. Pertama, pemilihan kelas secara purposive dan penggunaan satu kelas utuh pada tiap kondisi tidak menghilangkan kemungkinan perancu pada tingkat kelas. Kedua, pengujian utama hanya menggunakan skor posttest. Keempat, penerapan PBL berbantuan Educaplay dilaksanakan pada materi pengukuran yang mencakup alat ukur, besaran dan satuan, serta angka penting, sehingga hasilnya belum tentu menggambarkan penerapan model dan media tersebut pada materi fisika lainnya. Kelima, penggunaan Educaplay dalam pembelajaran memerlukan pengelolaan waktu yang baik agar aktivitas interaktif dapat berjalan selaras dengan tahapan PBL dan tujuan

Penelitian lanjutan dapat menggunakan lebih banyak kelas pada tiap perlakuan, melaporkan kesetaraan kemampuan awal, dan menganalisis skor posttest dengan kontrol terhadap skor pretest bila asumsi terpenuhi. Rancangan tiga kelompok, yaitu PBL berbantuan *Educaplay*, PBL tanpa *Educaplay*, dan pembelajaran konvensional, juga diperlukan apabila tujuan utamanya ialah mengisolasi kontribusi tambahan platform digital. Selain itu, peneliti dapat melaporkan capaian setiap indikator melalui kisi-kisi yang tervalidasi, mengamati keterlaksanaan PBL, dan menggunakan data interaksi permainan untuk memeriksa hubungan antara keterlibatan belajar dengan penguasaan konsep. Usulan tersebut sejalan dengan perlunya evaluasi media yang lebih spesifik sebagaimana ditegaskan Safanah et al., (2025).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan Educaplay menunjukkan hasil yang lebih baik secara deskriptif dalam meningkatkan pemahaman konsep pengukuran dibandingkan pembelajaran pada kelas kontrol. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai kelas eksperimen dari 40,57 pada *pretest* menjadi 75,24 pada *posttest*, dengan nilai N-gain sebesar 0,58 yang termasuk kategori sedang. Sementara itu, kelas kontrol mengalami peningkatan rata-rata nilai dari 38,13 menjadi 67,81, dengan N-gain sebesar 0,48 yang juga termasuk kategori sedang. Keunggulan kelas eksperimen terlihat pada seluruh indikator pemahaman konsep, dengan

peningkatan tertinggi pada indikator memberi contoh (0,64) dan terendah pada indikator membandingkan (0,51). Perbedaan peningkatan terbesar antara kedua kelas terdapat pada indikator merangkum, dengan selisih N-gain sebesar 0,22. Dengan demikian, penerapan PBL berbantuan Educaplay menunjukkan potensi yang lebih baik dalam mendukung peningkatan pemahaman konsep pengukuran, meskipun tingkat peningkatan kedua kelas masih berada pada kategori sedang. Temuan ini memberikan dukungan empiris secara deskriptif terhadap penggunaan PBL berbantuan Educaplay sebagai alternatif pembelajaran fisika.

REFERENSI

Burkholder, E., Walsh, C., & Holmes, N. G. (2020). Examination of quantitative methods for analyzing data from concept inventories. Physical Review Physics Education Research, 16(1), Article 010141. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010141

Geschwind, G., Vignal, M., Caballero, M. D., & Lewandowski, H. J. (2024). Using a research-based assessment instrument to explore undergraduate students' proficiencies around measurement uncertainty in physics lab contexts. *Physical Review Physics Education Research*, 20(2), Article 020105. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.020105

Graça, V., Quadro-Flores, P., & Ramos, A. (2022). The integration of the digital platform Educaplay in interdisciplinary paths in the 1st and 2nd basic education cycles. *Athens Journal of Education*, *9*(3), 377–392. https://doi.org/10.30958/aje.9-3-2

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

Hartanti, S., & Wiyanto. (2024). Analisis kemampuan siswa dalam menaksir ukuran sebagai salah satu keterampilan proses sains pada materi pengukuran. *Unnes Physics Education Journal*, *13*(2), 133–146. https://doi.org/10.15294/upej.v13i2.15186

Herimanto, H., Murdani, E., & Kurniawan, Y. (2018). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas VII pada materi pengukuran. JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika), 3(2), 44–46. https://doi.org/10.26737/jipf.v3i2.577

Hidayatin, S., Verawati, N. N. S. P., Susilawati, & Syahrial A. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis problem based learning untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika materi momentum dan impuls kelas X. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *7*(2b), 663–671. https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2b.623

Ilmiati, A. (2024). Penerapan Model Discoveery Learning Terhadap Literasi Sains Pada Pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, *4*(2), 1768–1776. https://doi.org/10.38048/jcp.v4i2.2989

Institute of Education Sciences. (2022). *What Works Clearinghouse procedures and standards handbook (Version 5.0)*. U.S. Department of Education. https://ies.ed.gov/ncee/WWC/Protocols

Janah, F. R., & Hidayati, S. N. (2025). Analisis pemahaman konsep IPA siswa SMP di Surabaya. Jurnal Pendidikan MIPA, 15(1), 204–209. https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2416

Kemdikbud. (2022). Panduan Implementasi Kurikulum Merdeka. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Maharani, N. N., Hikmawati, Susilawati, & Gunada, I. W. (2024). Pengaruh model *problem based learning* berbantuan media *PhET simulation* terhadap hasil belajar pada materi usaha dan energi. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *9*(1), 539–545. https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1983

Maheswari, N. P. A. D., Hikmawati, Sutrio, & Susilawati. (2025). Pengaruh model *problem based learning* berbantuan *Educaplay* terhadap hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *10*(2), 1362–1366. https://doi.org/10.29303/jipp.v10i2.3364

Mea, F. (2024). Peningkatan Efektivitas Pembelajaran Melalui Kreativitas Dan Inovasi Guru Dalam Menciptakan Kelas Yang Dinamis. Inculco Journal of Christian Education, 4(3); 252-275, http://dx.doi.org/10.59404/ijce.v4i3.190.

Nasution, J. H. (2025). Analysis of Class XII Students' Understanding of Concepts on the Topic of Newton's Laws. Al- Khazaini Jurnal Pendidika, 5(1), 36-44. https://doi.org/10.24252/alkhazini.v5i1.42976.

Nicholus, G., Muwonge, C. M., & Joseph, N. (2023). The role of problem-based learning approach in teaching and learning physics: A systematic literature review. *F1000Research*, *12*, Article 951. https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.2

Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N., & Van Dusen, B. (2018). Comparison of normalized gain and Cohen's d for analyzing gains on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), Article 010115. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010115

Oktavia, S. W., Astalini, A., & Kurniawan, D. A. (2024). Identifikasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI Pada Materi Dinamika Gerak Lurus. Edu-Sains Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 13(1), 19–26. https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v13i1.29751

Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The effect of problem based learning model assisted by PhET simulation on understanding physics concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, *12*(1), 28–43. https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783

Safanah, A., Samsudin, A., Aviyanti, L., Hasanah, L., Liliawati, W., & Oktavianty, E. (2025). Exploring the role of media in enhancing problem-based learning in physics: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, *21*(2), 150–169. https://doi.org/10.15294/jpfi.v21i2.19319

Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *32*(1), 77–112. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w

Sembiring, N. satriani, Siregar, J., & Maulida, R. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Inquiry Training Terhadap Kemampuan Higher Order Thinking Skills Siswa Di Kelas X SMA Generus Bangsa Kutalimbaru Tahun Pelajaran 2021/2022. Jurnal Penelitian Pendidikan Mipa, 8(1), 1–8. https://doi.org/10.32696/jp2mipa.v7i2.2240

Werth, A., Pollard, B., Hobbs, R., & Lewandowski, H. J. (2023). Investigating changes in student views of measurement uncertainty in an introductory physics lab course using clustering algorithms. Physical Review Physics Education Research, 19(2), Article 020146. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020146

Wijaya, T. P., Triwijaya, A., Melnix, F., & Desnita. (2021). Meta-analysis of the effect of problem based learning model on understanding physics concepts of high school students. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, *9*(1), 26–34. https://doi.org/10.31258/jgs.9.1.26-34