GeoScienceEd *7(4) (2026)*

Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika

http://jpfis.unram.ac.id/index.php/GeoScienceEdu/index

Pengaruh e-LKPD Berbasis Masalah Berbantuan *Liveworksheets* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Materi Kinematika

Nurviati Hutabarat[1]*, Mariati Purnama Simanjuntak[1]

[1] Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

DOI: https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3470

Article Info
Received: August,12th2026
Revised : August, 31st2026
Accepted: November, 2th2026

Correspondence:
nurviati.hutabarat06@gmail.com

Phone: -

Abstract: This study aimed to examine the effect of problem-based e-LKPD assisted by liveworksheets on students' physics problem-solving skills in kinematics learning. This quantitative study employed a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design. The sample consisted of 67 eleventh-grade students, including 34 students in the experimental group and 33 students in the control group, selected through cluster random sampling. Data were collected using a physics problem-solving test administered before and after the treatment. The experimental group received problem-based e-LKPD assisted by liveworksheets integrated with problem-based learning, while the control group received problem-based learning without the e-LKPD. Data were analyzed using analysis of covariance (ancova), with pretest scores as the covariate. The results showed that the experimental group obtained a higher posttest mean score than the control group, 72.00 and 52.00, respectively. Ancova indicated a significant effect of the treatment, $F(1,64) = 167.400$, $p < .001$, with a partial eta squared of .723. The findings indicate that problem-based e-LKPD assisted by liveworksheets substantially improves students' physics problem-solving skills.

Keywords: Problem-Solving Skills, E-LKPD, Liveworksheets, Problem-Based Learning, Kinematics

Citation: Hutabarat, N., & Simanjuntak, M. P. (2026). Pengaruh e-LKPD Berbasis Masalah Berbantuan Liveworksheets terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Materi Kinematika . *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, *7*(4), 6603–6612. https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3470

Pendahuluan

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu keterampilan penting dalam pembelajaran fisika karena siswa tidak hanya dituntut untuk memahami konsep dan menggunakan persamaan, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut ketika menghadapi permasalahan yang bersifat kontekstual. Pemecahan masalah dalam fisika membutuhkan proses berpikir yang sistematis, mulai dari memahami dan mengidentifikasi permasalahan, menentukan konsep yang relevan, merencanakan strategi penyelesaian, melaksanakan strategi, hingga mengevaluasi solusi. Kemampuan tersebut menjadi semakin penting karena pembelajaran fisika tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan, tetapi juga pada kemampuan menggunakan pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahan baru. Kemampuan pemecahan masalah fisika siswa pada kenyataannya masih perlu ditingkatkan. Kesulitan siswa tidak hanya berkaitan dengan kemampuan melakukan perhitungan, tetapi juga muncul ketika siswa harus mengidentifikasi informasi yang relevan, menentukan prinsip fisika yang digunakan, memilih persamaan yang sesuai, serta mengevaluasi hasil penyelesaian. Penelitian mengenai kesulitan pemecahan masalah fisika menunjukkan bahwa siswa masih mengalami hambatan dalam mengidentifikasi permasalahan, menentukan persamaan, dan menyelesaikan permasalahan secara lengkap. Faktor yang berkontribusi terhadap kesulitan tersebut antara lain kemampuan kognitif, pemahaman konsep,

Email: nurviati.hutabarat06@gmail.com

Copyright © 2020, Author et al.
This open access article is distributed under a (CC-BY License

kemampuan analisis, strategi pembelajaran, serta lingkungan belajar. Salah satu model pembelajaran yang relevan untuk mengembangkan kemampuan pemecahan masalah adalah *problem-based learning* (PBL). PBL menempatkan permasalahan sebagai titik awal pembelajaran sehingga siswa memperoleh kesempatan untuk memahami masalah, melakukan penyelidikan, mengembangkan strategi penyelesaian, dan mengevaluasi solusi. Karakteristik tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif dibandingkan pembelajaran yang hanya menekankan penyampaian materi dan latihan soal. Berbagai penelitian dan meta-analisis menunjukkan bahwa PBL memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa. Siregar *et al.* (2022) menemukan bahwa PBL memberikan pengaruh terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah fisika, sedangkan meta-analisis lain menunjukkan bahwa pengaruh PBL terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika berada pada kategori sangat tinggi.

Temuan tersebut diperkuat oleh Janna et al. (2024) melalui meta-analisis yang menunjukkan bahwa penerapan PBL dalam pembelajaran fisika berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa. Panda *et al.* (2025) juga melaporkan efektivitas PBL dalam memberdayakan keterampilan pemecahan masalah pada pembelajaran sains. Sejalan dengan itu, tinjauan sistematis Halim (2025) mengkaji kontribusi PBL dalam pendidikan fisika dan memperkuat relevansi pendekatan berbasis masalah dalam pembelajaran fisika.

Penggunaan bahan ajar yang sesuai juga diperlukan agar penerapan PBL dapat berlangsung secara sistematis. LKPD berbasis PBL dapat memberikan tahapan aktivitas yang membantu siswa mengikuti proses pemecahan masalah secara terstruktur. Melalui LKPD, siswa dapat diarahkan untuk memahami permasalahan, mengorganisasi informasi, melakukan penyelidikan, menentukan strategi, dan mengembangkan solusi. Muslimin dan Purwaningsih (2023) melalui meta-analisis menemukan bahwa penggunaan LKPD berbasis PBL memberikan pengaruh tinggi terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika. Penelitian Simangunsong *et al*. (2024) juga menunjukkan adanya peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa SMA melalui PBL yang dibantu LKPD. Dukungan terhadap penggunaan lembar kerja berbasis masalah juga ditunjukkan oleh Halim *et al.* (2022), yang mengkaji dampak problem-based student worksheets terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah. Rahman *et al.* (2023) juga mengembangkan bahan ajar fisika berbasis PBL untuk melatih kemampuan pemecahan masalah siswa. Kedua penelitian tersebut relevan dengan penggunaan LKPD sebagai sarana untuk mengarahkan aktivitas belajar dan proses penyelesaian masalah secara terstruktur.

Perkembangan teknologi pendidikan memberikan peluang untuk mengembangkan LKPD dalam bentuk elektronik atau e-LKPD. E-LKPD memungkinkan materi, permasalahan, gambar, video, dan aktivitas pembelajaran disajikan dalam lingkungan digital yang lebih interaktif. Penggunaan bahan ajar digital juga dapat mendukung aktivitas belajar yang lebih fleksibel dan memberikan pengalaman belajar yang berbeda dari penggunaan LKPD cetak. Dawana dan Dwikoranto (2024) membahas karakteristik kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA serta integrasi model PBL berbantuan e-book. Sementara itu, Yuliani *et al*. (2025) mengkaji integrasi e-modul berbasis PBL dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada materi fluida statis. Hasil kajian tersebut menunjukkan relevansi pemanfaatan bahan ajar digital yang dipadukan dengan PBL dalam mendukung kegiatan pemecahan masalah.

Penelitian Risamasu dan Pieter (2024) menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis PBL dapat digunakan secara layak dan praktis serta memberikan peningkatan kemampuan pemecahan masalah. Nilai N-gain kelompok eksperimen yang menggunakan e-LKPD lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Pengembangan e-LKPD berbasis PBL juga telah dilakukan pada berbagai materi dan menggunakan berbagai teknologi. Nenggala *et al.* (2024) mengembangkan *electronic student worksheet* berbasis PBL untuk pembelajaran pemecahan masalah fisika dan menekankan pentingnya bahan ajar yang dapat meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan pembelajaran.

Saputri *et al.* (2025) juga menunjukkan bahwa *electronic student worksheets* yang diintegrasikan dengan PBL dan teknologi PhET dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pengembangan bahan ajar elektronik yang terintegrasi dengan model pembelajaran dapat menjadi salah satu strategi untuk mendukung keterampilan pemecahan masalah. Salah satu platform yang dapat digunakan dalam pengembangan lembar kerja digital adalah *liveworksheets*. Platform ini memungkinkan lembar kerja dikonversi menjadi aktivitas interaktif sehingga siswa dapat mengerjakan tugas melalui perangkat digital. Pemanfaatan *liveworksheets* juga dapat dikombinasikan dengan model pembelajaran berbasis masalah. Sayriani *et al.* (2024) mengembangkan e-LKPD berdiferensiasi berbasis PBL berbantuan *liveworksheets* untuk

meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SMA/MA. Hasil validasi dan praktikalitas menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan berada pada kategori sangat valid dan sangat praktis. Penelitian Ajri *et al*. (2025) juga mengkaji keterampilan pemecahan masalah melalui PBL berbantuan *liveworksheets* pada pembelajaran fisika dan menunjukkan bahwa integrasi model PBL dengan platform digital dapat digunakan untuk mendukung aktivitas pemecahan masalah. Penelitian lain memperlihatkan bahwa penggunaan digital *worksheet* dalam pembelajaran fisika dapat memberikan kontribusi terhadap kemampuan pemecahan masalah. Wati *et al.* (2024) menemukan bahwa penggunaan digital *worksheets* pada pembelajaran fluida dinamis dengan pendekatan *authentic learning* menghasilkan N-gain sebesar 0,75 dalam kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lembar kerja digital dapat digunakan untuk melatih siswa dalam menyelesaikan permasalahan fisika secara lebih terarah. Kajian literatur terbaru mengenai digital *worksheets* berbasis PBL juga menunjukkan bahwa integrasi keduanya dapat membantu siswa melalui tahapan identifikasi masalah, investigasi, analisis, dan pengembangan solusi.

Materi kinematika merupakan salah satu materi fisika yang sesuai untuk pembelajaran berbasis masalah karena konsep gerak dapat dikaitkan dengan berbagai fenomena kehidupan sehari-hari. Permasalahan kinematika dapat mendorong siswa untuk menghubungkan informasi dari suatu fenomena dengan besaran dan konsep fisika yang relevan. Namun, proses tersebut membutuhkan kemampuan untuk mengidentifikasi permasalahan, memilih informasi yang relevan, menentukan strategi, dan mengevaluasi hasil. Penelitian mengenai strategi pemecahan masalah pada materi kinematika menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah pada topik tersebut membutuhkan penguasaan konsep, kemampuan analisis, dan strategi berpikir yang efektif. Penelitian mengenai PBL, e-LKPD, dan *liveworksheets* telah berkembang, penelitian yang secara khusus menguji pengaruh e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika pada materi kinematika masih terbatas. Sebagian penelitian terdahulu berfokus pada pengembangan produk dan uji validitas atau praktikalitas, sedangkan penelitian eksperimental yang membandingkan penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* dengan pembelajaran PBL tanpa e-LKPD pada kemampuan pemecahan masalah masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk memberikan bukti empiris mengenai pengaruh integrasi e-LKPD berbasis masalah dengan platform *liveworksheets* dalam pembelajaran fisika.

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan pada siswa kelas XI. Kemampuan pemecahan masalah diukur melalui lima tahapan, yaitu mengidentifikasi masalah, mendeskripsikan masalah berdasarkan konsep fisika, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, serta mengevaluasi dan menafsirkan hasil. Kelima tahapan tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah fisika secara sistematis. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* yang terintegrasi dengan PBL, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran PBL. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh e- LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi kinematika. Artikel ini secara khusus memusatkan perhatian pada kemampuan pemecahan masalah sebagai satu-satunya variabel terikat. Untuk memperoleh estimasi pengaruh perlakuan yang mempertimbangkan kemampuan awal siswa, analisis dilakukan menggunakan *analysis of covariance* (ancova) dengan skor *pretest* kemampuan pemecahan masalah sebagai kovariat. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris terhadap pemanfaatan e-LKPD berbasis masalah berbantuan liveworksheets sebagai alternatif bahan ajar digital dalam pembelajaran fisika yang aktif, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah.

Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi-experiment*. Desain penelitian yang digunakan adalah *nonequivalent control group design* dengan pola *pretest-posttest*. Desain tersebut melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kedua kelompok diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal dan *posttest* untuk mengetahui kemampuan pemecahan masalah setelah pembelajaran.

Kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* yang diintegrasikan dengan sintaks PBL. Sementara itu, kelas kontrol memperoleh pembelajaran menggunakan PBL tanpa penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets.* Rancangan tersebut melibatkan kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan pemberian *pretest* dan *posttest.*

Populasi dan sampel

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, pada semester ganjil Tahun Ajaran 2026/2027. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan *cluster random sampling* dengan memilih dua kelas dari populasi. Satu kelas ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan satu kelas sebagai kelompok kontrol.

Jumlah sampel sebanyak 67 siswa, terdiri atas 34 siswa pada kelas eksperimen dan 33 siswa pada kelas kontrol. Kelompok eksperimen memperoleh perlakuan menggunakan e- LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets,* sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran PBL.

Perlakuan Pembelajaran

Pembelajaran pada kelas eksperimen menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets.* E-LKPD dirancang dengan mengintegrasikan tahapan PBL ke dalam aktivitas pembelajaran. Permasalahan yang disajikan berkaitan dengan fenomena kinematika sehingga siswa memperoleh kesempatan untuk menghubungkan konsep fisika dengan situasi kontekstual.

Aktivitas pembelajaran diarahkan melalui beberapa tahapan, yaitu orientasi siswa terhadap masalah, pengorganisasian siswa untuk belajar, penyelidikan, pengembangan dan penyajian hasil penyelesaian, serta evaluasi proses pemecahan masalah. Melalui e-LKPD, siswa tidak hanya memperoleh materi dan latihan, tetapi juga mengikuti alur kegiatan yang mengarahkan mereka untuk menganalisis permasalahan dan mengembangkan solusi.

Penggunaan *liveworksheets* memberikan lingkungan digital bagi pelaksanaan e-LKPD. Siswa dapat mengakses lembar kerja melalui perangkat digital dan mengerjakan aktivitas yang tersedia dalam lembar kerja. Integrasi tersebut dimaksudkan untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif sekaligus mempertahankan struktur pemecahan masalah yang terdapat dalam PBL.

Pada kelas kontrol, pembelajaran dilakukan menggunakan PBL tanpa menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets.* Dengan demikian, perbedaan utama perlakuan antara kedua kelompok terletak pada penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets.*

Instrumen

Instrumen penelitian berupa tes kemampuan pemecahan masalah dalam bentuk uraian. Instrumen awal terdiri atas sejumlah soal yang kemudian melalui proses validasi dan analisis butir sehingga diperoleh lima soal yang digunakan dalam penelitian. Setiap soal mengukur proses pemecahan masalah berdasarkan lima tahapan, yaitu mengidentifikasi masalah, mendeskripsikan masalah berdasarkan konsep fisika, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, serta mengevaluasi dan menafsirkan hasil.

Skor setiap tahapan diberikan berdasarkan rubrik pemecahan masalah. Skor keseluruhan kemudian dikonversi ke dalam skala 0–100. Instrumen diberikan dalam dua waktu, yaitu sebelum perlakuan sebagai pretest dan setelah perlakuan sebagai *posttest.* Pemberian *pretest* bertujuan mengetahui kemampuan awal siswa, sedangkan posttest digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah setelah proses pembelajaran.

Penggunaan indikator pemecahan masalah berbasis Heller juga relevan dengan penelitian Tanjung *et al*. (2024), yang menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika dapat dianalisis melalui indikator fokus pada masalah, deskripsi konsep fisika, perencanaan solusi, pelaksanaan rencana, dan evaluasi solusi.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan bantuan IBM SPSS *Statistics* 26. Analisis diawali dengan statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok. Selanjutnya dilakukan pengujian asumsi sebelum analisis inferensial.

Uji homogenitas *varians* dilakukan menggunakan *Levene's Test.* Normalitas data diperiksa menggunakan uji *Shapiro-Wilk.* Karena penelitian menggunakan ancova, dilakukan pula pengujian homogenitas kemiringan regresi melalui interaksi antara kelompok dan skor pretest. Asumsi tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa hubungan antara kovariat dan variabel dependen tidak berbeda secara sistematis antar kelompok.

Analisis utama menggunakan *analysis of covariance* (ancova). Variabel dependen adalah skor posttest kemampuan pemecahan masalah, kovariat adalah skor *pretest* kemampuan pemecahan masalah, sedangkan kelas atau kelompok pembelajaran menjadi faktor tetap. ancova digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan skor *posttest* kemampuan pemecahan masalah antara kelas eksperimen dan kontrol setelah pengaruh kemampuan awal dikendalikan.

Hipotesis penelitian adalah: H_0: Tidak terdapat pengaruh e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa setelah kemampuan awal dikendalikan. H_a: Terdapat pengaruh e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadap kemampuan

pemecahan masalah siswa setelah kemampuan awal dikendalikan.

Keputusan pengujian dilakukan pada taraf signifikansi 0,05. H_0 ditolak apabila nilai signifikansi < 0,05. Selain ancova, peningkatan kemampuan pemecahan masalah dianalisis secara deskriptif menggunakan normalized gain (N-gain). N-gain digunakan untuk menggambarkan peningkatan skor dari *pretest* ke *posttest* pada masing-masing kelompok. Berdasarkan kategori yang digunakan dalam penelitian, N-gain 0,70–1,00 dikategorikan tinggi, 0,30–0,69 sedang, dan <0,30 rendah. Besar pengaruh perlakuan juga dapat dilihat melalui *effect size Cohen's d*. Analisis *effect size* digunakan sebagai informasi tambahan untuk menunjukkan besarnya perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kelas eksperimen dan kontrol

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadapa pemecahan masalah siswa di SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan.

Hasil

Statistika Deskriptif

Hasil analisis deskriptif kemampuan pemecahan masalah siswa pada kedua kelompok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Descriptive Statistics on Students' Problem-Solving*

Group	**N**	***Mean Posttest***	***Standard Deviation***
Control	33	52.00	6.245
Experimental	34	72.00	6.305
Total	67	62.15	11.844

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata *posttest* kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen sebesar 72,00, sedangkan kelas kontrol sebesar 52,00. Dengan demikian, secara deskriptif terdapat perbedaan sebesar 20 poin antara kedua kelompok. Kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata *posttest* lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Perbedaan tersebut menunjukkan adanya kecenderungan bahwa siswa yang memperoleh pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik setelah pembelajaran. Namun, perbedaan rata-rata tersebut belum cukup untuk menyimpulkan adanya pengaruh perlakuan karena kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang perlu dipertimbangkan. Oleh sebab itu, analisis dilanjutkan menggunakan ancova dengan skor *pretest* sebagai kovariat.

Uji Asumsi

Pengujian asumsi dilakukan sebelum analisis ancova. Hasil uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* menunjukkan nilai F sebesar 0,006 dengan signifikansi 0,937. Nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga varians *posttest* kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen dan kontrol dapat dinyatakan homogen.

Selain homogenitas varians, analisis ancova mempertimbangkan asumsi homogenitas kemiringan regresi. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan interaksi antara kelas dan *pretest* kemampuan pemecahan masalah. Asumsi terpenuhi apabila interaksi tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Setelah asumsi terpenuhi, analisis ancova dapat digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan dengan mengendalikan skor kemampuan awal siswa.

Hasil Ancova

Hasil pengujian ancova terhadap *posttest* kemampuan pemecahan masalah dengan *pretest* sebagai kovariat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Tests of Between-Subjects Effects for Problem Solving*

Source	**F**	**Sig.**	***Partial Eta Squared***
Corrected Model	87.477	<0.001	0.732
*Pretest*_PM	2.071	0.155	0.031
Kelas	167.400	<0.001	0.723
Error	—	—	—

Hasil pada tabel 2 menunjukkan bahwa model ancova secara keseluruhan signifikan dengan F = 87,477 dan p < 0,001. Variabel kelas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *posttest* kemampuan pemecahan masalah setelah skor *pretest* dikendalikan, dengan nilai F (1,64) = 167,400 dan p < 0,001.

Nilai *partial eta squared* sebesar 0,723 menunjukkan bahwa perbedaan yang berkaitan dengan kelompok pembelajaran memiliki efek yang sangat besar. Dengan demikian, hipotesis nol ditolak dan hipotesis alternatif diterima. Artinya, terdapat pengaruh yang signifikan dari penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa setelah kemampuan awal dikendalikan. Skor *pretest* sebagai kovariat memiliki nilai F = 2,071 dengan signifikansi 0,155. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga kovariat tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap *posttest* setelah faktor kelompok dimasukkan ke dalam model. Meskipun demikian, penggunaan *pretest* sebagai kovariat tetap berfungsi untuk mengendalikan variasi kemampuan awal siswa dalam perbandingan *posttest* kedua kelompok.

Peningkatan Pemecahan Masalah

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah dianalisis menggunakan N-gain. Hasil perhitungan berdasarkan rata-rata *pretest* dan *posttest* menunjukkan pola peningkatan yang berbeda antara kedua kelompok. Rata-rata *pretest* kemampuan pemecahan masalah kelas kontrol adalah 17,05 dan rata-rata posttest sebesar 52,00. Berdasarkan perhitungan *normalized* gain, peningkatan kelas kontrol sebesar 0,42 dan termasuk kategori sedang. Sementara itu, rata-rata *pretest* kelas eksperimen sebesar 18,47 dan rata-rata *posttest* sebesar 72,00. N-gain kelas eksperimen sebesar 0,66 dan termasuk kategori sedang.

Tabel 3. *Normalized Gain of Problem-Solving Skills*

Group	*Mean Pretest*	*Mean Posttest*	**N-Gain**	*Category*
Control	17.05	52.00	0.42	*Medium*
Experimental	18.47	72.00	0.66	*Medium*

Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Selisih N-gain antara kedua kelompok menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah tidak hanya terlihat pada nilai akhir, tetapi juga pada perubahan kemampuan siswa dari sebelum menuju setelah pembelajaran.

Effect Size

Berdasarkan rata-rata *posttest* dan standar deviasi kedua kelompok, diperoleh pooled standard deviation sebesar 6,276. Perhitungan Cohen's d menghasilkan nilai sekitar 3,19.

Tabel 4. *Effect Size of the Treatment*

Group	*Mean Posttest*	**SD**
Control	52.00	6.245
Experimental	72.00	6.305

Cohen's d = 3.19

Nilai *Cohen's d* sebesar 3,19 menunjukkan bahwa perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kelas eksperimen dan kelas kontrol berada pada kategori sangat besar. Dengan demikian, hasil *effect size* memperkuat hasil ancova yang menunjukkan adanya pengaruh kuat dari perlakuan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa. Setelah kemampuan awal dikendalikan, perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol tetap signifikan dengan $F(1,64) = 167{,}400$ dan $p < 0{,}001$. Nilai partial eta squared sebesar 0,723 juga menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berada pada tingkat yang sangat besar.

Temuan tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen. E-LKPD yang digunakan tidak hanya berfungsi sebagai lembar latihan digital, tetapi dirancang untuk mengintegrasikan aktivitas pemecahan masalah ke dalam tahapan pembelajaran PBL. Siswa memperoleh masalah sebagai titik awal pembelajaran, kemudian diarahkan untuk memahami permasalahan, melakukan penyelidikan, menentukan strategi, menyelesaikan permasalahan, dan mengevaluasi hasil. Proses tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk berlatih menggunakan pengetahuan secara aktif dalam menyelesaikan masalah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Siregar *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa PBL memberikan pengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika. Hasil meta-analisis yang dilakukan terhadap penelitian PBL juga menunjukkan bahwa model tersebut memiliki pengaruh yang tinggi terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa. Temuan tersebut memperkuat argumentasi bahwa pembelajaran yang berpusat pada masalah memberikan kesempatan yang lebih besar bagi siswa untuk mengembangkan strategi penyelesaian dibandingkan pembelajaran yang hanya menekankan penerapan prosedur.

Hasil tersebut sejalan dengan meta-analisis Janna *et al.* (2024) tentang pengaruh PBL terhadap kemampuan pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika. Panda *et al.* (2025) juga menemukan bahwa PBL efektif dalam memberdayakan keterampilan pemecahan masalah pada pembelajaran sains. Selain itu, tinjauan sistematis Halim (2025) membahas temuan-temuan penelitian mengenai penerapan PBL dalam pendidikan fisika. Ketiga kajian tersebut memberikan dukungan empiris dan konseptual terhadap penggunaan pembelajaran berbasis masalah dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Muslimin dan Purwaningsih (2023) mengenai LKPD berbasis PBL. Meta-analisis tersebut menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis PBL memberikan pengaruh tinggi terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah fisika. Dalam konteks penelitian ini, e-LKPD berfungsi sebagai struktur kegiatan yang mengarahkan siswa untuk menjalani proses pemecahan masalah secara bertahap.

Hal tersebut didukung oleh Halim *et al.* (2022), yang meneliti penggunaan lembar kerja siswa berbasis masalah dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Rahman *et al.* (2023) juga menekankan pemanfaatan bahan ajar fisika berbasis PBL untuk melatih kemampuan tersebut. Dengan demikian, e-

LKPD dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyajian soal, tetapi juga sebagai panduan aktivitas yang membantu siswa menjalani tahapan pemecahan masalah. Perbedaan antara kedua kelompok juga dapat dilihat dari rata-rata *posttest.* Kelas eksperimen memperoleh rata-rata 72,00, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata 52,00. Selisih sebesar 20 poin menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memiliki pencapaian akhir yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Risamasu dan Pieter (2024), yang menemukan bahwa e-LKPD berbasis PBL dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan menghasilkan N-gain kelompok eksperimen sebesar 0,72 dibandingkan 0,48 pada kelompok kontrol.

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah pada penelitian ini juga terlihat dari hasil N-gain. Kelas kontrol memperoleh N-gain sebesar 0,42, sedangkan kelas eksperimen memperoleh 0,66. Keduanya berada pada kategori sedang, tetapi kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memberikan tambahan kontribusi terhadap proses pembelajaran dibandingkan PBL tanpa penggunaan e-LKPD.

Temuan tersebut konsisten dengan penelitian Wati *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan digital worksheets dapat melatih kemampuan pemecahan masalah siswa dengan N-gain sebesar 0,75. Digital *worksheet* memberikan struktur aktivitas yang memungkinkan siswa tidak hanya membaca materi, tetapi juga mengerjakan tugas dan menyelesaikan permasalahan melalui aktivitas yang telah disusun. Dalam penelitian ini, fungsi tersebut diperkuat dengan integrasi sintaks PBL.

Penggunaan *liveworksheets* dalam penelitian ini memberikan dimensi digital terhadap e-LKPD. Lembar kerja yang sebelumnya dapat digunakan dalam bentuk cetak dikembangkan menjadi aktivitas digital yang dapat diakses dan dikerjakan menggunakan perangkat siswa. Pengintegrasian tersebut membuat proses pengerjaan e-LKPD menjadi bagian langsung dari kegiatan pembelajaran. Hal ini sejalan dengan penelitian Sayriani *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis PBL berbantuan *liveworksheets* dapat dikembangkan dengan tingkat validitas dan praktikalitas yang tinggi untuk mendukung kemampuan pemecahan masalah siswa.

Relevansi penggunaan bahan ajar digital berbasis PBL juga terlihat pada penelitian Dawana dan Dwikoranto (2024), yang membahas integrasi PBL berbantuan *e-book* dalam pembelajaran fisika. Yuliani et al. (2025) turut mengkaji penggunaan e-modul berbasis PBL untuk mendukung kemampuan pemecahan masalah pada materi fluida statis. Kedua penelitian tersebut menjadi pembanding bahwa bahan ajar digital dapat diintegrasikan dengan PBL, meskipun bentuk media dan materi yang digunakan berbeda dari penelitian ini.

Penelitian Ajri *et al*. (2025) juga memberikan dukungan terhadap penggunaan *liveworksheets* dalam pembelajaran berbasis masalah. Penelitian tersebut mengkaji kemampuan pemecahan masalah melalui PBL berbantuan *liveworksheets* pada materi gelombang mekanik dan menunjukkan bahwa penggunaan platform digital dapat diintegrasikan dengan aktivitas pembelajaran berbasis masalah. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperluas temuan sebelumnya dengan menguji penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* dalam konteks pembelajaran kinematika dengan desain eksperimen yang membandingkan kelas eksperimen dan kontrol.

Hasil *effect size* sebesar 3,19 memberikan informasi tambahan mengenai kekuatan pengaruh perlakuan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perbedaan antara kelompok eksperimen dan kontrol bukan hanya signifikan secara statistik, tetapi juga besar secara praktis. Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa integrasi PBL dengan bahan ajar atau media pembelajaran dapat memberikan pengaruh kuat terhadap kemampuan pemecahan masalah. Meta-analisis Erdem (2022), misalnya, menunjukkan bahwa PBL memberikan efek yang sangat tinggi terhadap keterampilan kognitif, termasuk kemampuan pemecahan masalah.

Hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian Simangunsong *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa PBL berbantuan LKPD dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SMA. Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini terletak pada penggunaan PBL dan LKPD sebagai bagian dari pembelajaran. Perbedaannya adalah penelitian ini menggunakan LKPD dalam bentuk elektronik dan memanfaatkan *liveworksheets* sehingga aktivitas pembelajaran dilakukan dalam lingkungan digital.

Temuan penelitian juga didukung oleh Nenggala *et al.* (2024) yang mengembangkan *electronic student worksheet* berbasis PBL untuk pemecahann masalah fisika. Penelitian tersebut menekankan bahwa bahan ajar elektronik dapat mendukung keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Dalam penelitian ini, keterlibatan tersebut diwujudkan melalui e-LKPD yang digunakan secara langsung selama proses pembelajaran. Penelitian Saputri *et al.* (2025) menunjukkan bahwa *electronic student worksheets* yang dipadukan dengan PBL dan teknologi PhET dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa teknologi digital dapat menjadi penguat dalam pembelajaran berbasis masalah ketika teknologi tersebut tidak hanya digunakan sebagai media penyampaian materi, tetapi diintegrasikan ke dalam proses berpikir dan penyelesaian masalah.

Aspek penting lainnya adalah penggunaan masalah kontekstual pada materi kinematika. Masalah yang berkaitan dengan fenomena gerak memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan situasi nyata dengan konsep fisika. Siswa tidak langsung diarahkan pada penggunaan rumus, tetapi perlu menentukan terlebih dahulu informasi yang relevan dan konsep yang digunakan. Proses tersebut sesuai dengan karakteristik kemampuan pemecahan masalah yang diukur dalam penelitian ini, yaitu mengidentifikasi masalah, mendeskripsikan masalah berdasarkan konsep fisika, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, serta mengevaluasi dan menafsirkan hasil.

Penggunaan indikator tersebut juga relevan dengan penelitian Tanjung *et al*. (2024) yang menggunakan indikator Heller dalam menganalisis kemampuan pemecahan masalah fisika. Penelitian tersebut menegaskan bahwa kemampuan pemecahan masalah merupakan bagian fundamental dalam pembelajaran fisika dan membutuhkan kemampuan berpikir sistematis serta pengambilan keputusan yang tepat. Penelitian Ropi'i *et al.* (2025) juga menunjukkan bahwa penerapan PBL-HOTS dapat memberikan kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik dibandingkan pembelajaran PBL saja dan dapat dianalisis berdasarkan tahapan pemecahan masalah Heller.

Secara pedagogis, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengintegrasian bahan ajar digital dengan model pembelajaran berbasis masalah memiliki potensi lebih besar dibandingkan penggunaan salah satu komponen secara terpisah. PBL memberikan struktur pedagogis berupa tahapan pemecahan masalah, sedangkan e-LKPD berbantuan liveworksheets menyediakan lingkungan digital untuk melaksanakan aktivitas tersebut. Dengan demikian, kedua komponen saling melengkapi: PBL mengatur proses pembelajaran, sementara e-LKPD dan *liveworksheets* menyediakan media untuk menjalankan aktivitas pembelajaran.

Pentingnya perancangan perangkat pembelajaran yang mendukung proses pemecahan masalah juga berkaitan dengan penelitian Cahya *et al.* (2022), yang mengkaji validitas perangkat pembelajaran dengan model *creative problem solving* untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika. Walaupun menggunakan model pembelajaran yang berbeda, penelitian tersebut memberikan penguatan bahwa perangkat pembelajaran perlu dirancang secara terarah agar aktivitas yang dilakukan siswa selaras dengan keterampilan pemecahan masalah yang hendak dilatihkan.

Hasil penelitian ini juga relevan dengan kajian terbaru mengenai digital *worksheets* berbasis PBL. Sanca *et al.* (2026) menyimpulkan bahwa digital *worksheets* berbasis PBL dapat memberikan dampak positif terhadap kemampuan pemecahan masalah melalui aktivitas identifikasi masalah, investigasi, analisis, dan pengembangan solusi. Temuan penelitian ini memberikan bukti empiris tambahan melalui desain *quasi-experiment* bahwa integrasi tersebut dapat menghasilkan perbedaan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan.

Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan penelitian yang perlu diperhatikan. Penelitian dilakukan hanya pada dua kelas dalam satu sekolah sehingga generalisasi hasil ke sekolah atau karakteristik siswa yang berbeda perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, perlakuan dilakukan pada satu materi fisika, yaitu kinematika, sehingga efektivitas e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* pada materi lain masih perlu diteliti. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan lebih banyak sekolah, jumlah sampel yang lebih besar, periode perlakuan yang lebih panjang, atau membandingkan penggunaan *liveworksheets* dengan platform digital lainnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memberikan pengaruh yang signifikan dan besar terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa. Pengaruh tersebut terlihat dari rata-rata *posttest* yang lebih tinggi, peningkatan N-gain yang lebih besar, hasil ancova yang signifikan, serta *effect size* yang sangat besar. Temuan tersebut memperkuat posisi e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* sebagai salah satu alternatif bahan ajar digital untuk pembelajaran fisika yang berorientasi pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan e-LKPD berbasis masalah berbantuan *liveworksheets* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi kinematika. Setelah kemampuan awal dikendalikan melalui skor *pretest*, hasil ancova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan nilai $F(1,64) = 167{,}400$ dan $p < 0{,}001$ serta *partial eta squared* sebesar 0,723. Secara deskriptif, kelas eksperimen memperoleh rata-rata *posttest* sebesar 72,00, sedangkan kelas kontrol

sebesar 52,00. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah juga lebih tinggi pada kelas eksperimen dengan N-gain sebesar 0,66 dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,42. *Effect size Cohen's d* sebesar 3,19 menunjukkan bahwa perbedaan kedua kelompok berada pada kategori sangat besar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi e-LKPD berbasis masalah dengan *liveworksheets* dapat menjadi alternatif bahan ajar digital dalam pembelajaran fisika yang mendukung aktivitas pemecahan masalah secara sistematis, aktif, dan kontekstual. Penelitian selanjutnya disarankan menguji penerapan e-LKPD pada materi fisika dan karakteristik sekolah yang lebih beragam.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Medan, pihak SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan, guru fisika, serta seluruh siswa yang telah memberikan dukungan dan berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan arahan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

Referensi

Ajri, A. S., Irawan, N. I., & Perdana, R. (2025). Analisis keterampilan memecahkan masalah melalui model Problem Based Learning (PBL) berbantuan Liveworksheets pada materi gelombang mekanik. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika UNWIRA*, 3(2), 72–83. https://doi.org/10.30822/magneton.v3i2.4626

Cahya, R., Rokhmat, J., & Gunada, I. W. (2022). Validity of learning tools creative problem solving models to improve students' physics problem-solving ability. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar,* 10(1), 43–48. https://doi.org/10.24252/jpf.v10i1.27246

Dawana, I. R., & Dwikoranto. (2024). Characteristics of high school physics problem-solving skills and integrating the PBL model assisted by e-book. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 12(1), 30–48. https://doi.org/10.33394/j-ps.v12i1.8467

Erdem, C. (2022). A comparative meta-analysis of the effects of problem-based learning model on K-12 students' cognitive outputs. *Educational Studies*, 50(6), 1498–1519. https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2103650

Halim, M. G. (2025). Systematic literature review: What do the studies reveal about problem-based learning in physics education? *PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning,* 670–694. https://doi.org/10.20319/ictel.2025.670694

Halim, A., Melawati, O., Evendi, E., Yusrizal, Y., & Irwandi, I. (2022). The impact of problem-based student worksheets on improving problem-solving skills in terms of learning outcomes. *JPPPF: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika,* 8(1), 155–164. https://doi.org/10.21009/1.08114

Janna, F., Ulfa, A., Adinda, I. G., & Desnita, D. (2024). Meta analysis of the effect of applying the Problem Based Learning model in physics learning to improve students' ability to solve problems. *Physics Learning and Education,* 2(3), 114–126. https://doi.org/10.24036/ple.v2i3.140

Muslimin, M., & Purwaningsih, E. (2023). Meta-analisis: Pengaruh LKPD berbasis PBL terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam fisika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains,* 11(2), 38-45. https://doi.org/10.21831/jpms.v11i2.49407

Nenggala, M. P., Razi, P., Hidayati, & Sari, S. Y. (2024). Electronic student worksheet for solving problems in physics material based on problem-based learning. *International Journal of Information and Education Technology,* 14(7), 945-954. https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.7.2121

Panda, F. M., Sajidan, & Suryana, R. (2025). Effectiveness of problem-based learning model to empower problem-solving skills in science learning: Meta-analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 3148, 012020. https://doi.org/10.1088/1742-6596/3148/1/012020

Rahman, M. R., Suyidno, & Suryajaya. (2023). Development of physics teaching material with problem-based learning to train students' problem-solving skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika,* 7(3), 459-470. https://doi.org/10.20527/jipf.v7i3.9395

Risamasu, P. V. M., & Pieter, J. (2024). Pengembangan E-LKPD berbasis Problem Based Learning untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 14(1), 443–453. https://doi.org/10.23887/jjpf.v14i1.75941

Ropi'i, N., Nugroho, S. E., & Ellianawati. (2025). Analysis of physics problem solving skills of junior high school students through PBL-HOTS on magnetism material. *Physics Communication,* 9(1), 27-39. https://doi.org/10.15294/pc.v9i1.1821

Sanca, K., Lintangesukmanjaya, R. T., Dwikoranto, & Putri, N. A. A. (2026). Implementation of PBL-based digital worksheets to improve students' problem-solving skills: A literature review. *Journal of Digitalization in Physics Education,* 2(1), 52051. https://doi.org/10.26740/jdpe.v2i1.52051

Saputri, R., Wilujeng, I., Suyanta, S., Nurohman, S., Jumadi, J., Ilaf, M. M., & Purnama, A. Y. (2025). Improving problem-solving skills through the physics education technology assisted problem based learning model electronic student worksheets. *Revista Mexicana de Física E*, 22, 020213. https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.22.020213

Sayriani, E., Festiyed, F., Mufit, F., & Emiliannur, E. (2024). Pembuatan E-LKPD berdiferensiasi berbasis model Problem Based Learning berbantuan Liveworksheets untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 42130–42138.https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/20536

Simangunsong, I. T., Uskenat, K., Damanik, D. P., Simangunsong, I. P., & Purba, A. A. (2024). Improvement of high school students' physics problem solving skills through Problem Based Learning assisted by LKPD (student worksheets). *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(2), 275–286.https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i2.13544

Siregar, R., Sirait, M., & Audina, N. (2022). Meta-analisis pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika pada siswa. Lensa: *Jurnal Kependidikan Fisika*, 10(2), 65-72. https://doi.org/10.33394/j-lkf.v10i2.6305

Tanjung, Y. I., Festiyed, Diliarosta, S., Jubaidah, & Sanjaya, A. P. (2024). Analysis of students' problem solving skills based on Heller indicator. *Pegem Journal of Education and Instruction,* 14(4), 421-433. https://doi.org/10.47750/pegegog.14.04.40

Wati, M., Lestari, D. M., & Mahtari, S. (2024). The effect of digital worksheets on dynamic fluids with authentic learning in training problem-solving skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(2), 266–276. https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jipf/article/view/9245

Yuliani, H., Andani, T., & Nastiti, L. R. (2025). Integration of PBL-based e-modules in physics education: Improving problem-solving skills on static fluid concept. *Jurnal Pendidikan Fisika,* 13(3), 384–399. https://doi.org/10.26618/0ddpg995