



Dari konkret ke virtual: mengembangkan LKPD *problem-based learning* berbantuan cabri 3D sebagai jembatan peningkatan kompetensi pemecahan dan komunikasi matematis siswa

Sapyuddin | Tri Dyah Prastiti | Mery Noviyanti

How to cite : Sapyuddin, Prastiti, T. D. & Noviyanti, M. (2025). Dari konkret ke virtual: mengembangkan LKPD *problem-based learning* berbantuan cabri 3D sebagai jembatan peningkatan kompetensi pemecahan dan komunikasi matematis siswa. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 5(2),394-409. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i2.21358>

To link to this article : <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i2.21358>



©2025. The Author(s). This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC BY-SA) 4.0 license.



Published Online on 15 Desember 2025



[Submit your paper to this journal](#)



[View Crossmark data](#)



Dari konkret ke virtual: mengembangkan LKPD *problem-based learning* berbantuan cabri 3D sebagai jembatan peningkatan kompetensi pemecahan dan komunikasi matematis siswa

Sapyuddin¹, Tri Dyah Prastiti², Mery Noviyanti³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia

*Corresponding author. Jl. Perintis Kemerdekaan I No.33, Kec. Tangerang, Kota Tangerang, Banten 15118

E-mail: shafthande@gmail.com ¹⁾
tridyahprastiti@ecampus.ut.ac.id ²⁾
meryn@ecampus.ut.ac.id ^{3*)}

Received: 22 Mei 2025

Accepted: 9 Desember 2025

Published Online: 15 Desember 2025

Abstract

This study was motivated by the low levels of students' mathematical communication and problem-solving abilities in junior high schools, caused by the use of conventional learning models and the lack of innovative teaching materials. The aim of this research was to develop a Student Worksheet (LKPD) based on the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by Cabri 3D software as a solution to enhance both abilities. The research employed the Research and Development (R&D) method using the Plomp model, which consists of the preliminary investigation, prototype development, and assessment phases, along with Tessmer's formative evaluation design. The subjects were ninth-grade students at SMP Negeri 5 Tinambung. Data were collected through expert validation, questionnaires, observations, and pretest-posttest, and analyzed descriptively and inferentially. The results indicated that the developed LKPD met the criteria of being highly valid, highly practical, and effective, as evidenced by a significant improvement in students' communication and problem-solving abilities (Sig. 0.000 < 0.05). This product contributes as an innovative teaching material that strengthens the integration of technology and the PBL model in mathematics learning.

Keywords: Cabri 3D; Mathematical Communication; Problem Solving; Problem Based Learning; Student Worksheet; Plomp Model;

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah siswa SMP akibat penggunaan model pembelajaran konvensional dan minimnya bahan ajar inovatif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis Problem Based Learning (PBL) berbantuan Cabri 3D sebagai solusi peningkatan kedua kemampuan tersebut. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D) model Plomp dengan tahapan investigasi awal, pengembangan prototipe, dan penilaian, serta desain formative evaluation Tessmer. Subjek penelitian adalah siswa kelas IX SMP Negeri 5 Tinambung. Data dikumpulkan melalui validasi ahli, angket, observasi, dan pretest-posttest, dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Hasil menunjukkan LKPD memenuhi kriteria sangat valid, sangat praktis, dan efektif dengan peningkatan signifikan kemampuan komunikasi dan pemecahan masalah (Sig. 0,000 < 0,05). Produk ini berkontribusi sebagai bahan ajar inovatif yang memperkuat integrasi teknologi dan model PBL dalam pembelajaran matematika.

Kata kunci: Cabri 3D; Komunikasi Matematis; Lembar Kerja Peserta Didik; Model Plomp; Pemecahan Masalah; Problem Based Learning



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution \(CC BY-SA\) 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) Internasional License.

Pendahuluan

Kemampuan matematis merupakan salah satu kompetensi fundamental yang esensial bagi siswa untuk dapat bernalar logis, analitis, dan kreatif yang dapat diperoleh pendekatan pembelajaran yang tepat dalam menghadapi tantangan di era modern (Meyer, 2010). Di antara berbagai kemampuan tersebut, kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah memegang peranan sentral. Keduanya merupakan standar proses utama dalam pembelajaran matematika yang memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mengaplikasikannya dalam situasi dunia nyata (Hendriana & Soemarmo, 2014; NCTM, 2000).

Namun, pencapaian ideal ini masih menghadapi tantangan besar di Indonesia. Data Programme for International Student Assessment (PISA) tahun 2022 menunjukkan bahwa skor rata-rata siswa Indonesia pada bidang Matematika hanya 366 poin, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 472 poin. Kesenjangan ini menunjukkan masih rendahnya kompetensi siswa dalam berpikir kritis, berkomunikasi secara matematis, dan memecahkan masalah kontekstual (Lindl et al., 2025; Mayasari et al., 2021; Nhiry et al., 2023).

Fakta di lapangan juga memperkuat temuan tersebut. Berdasarkan observasi dan wawancara di SMP Negeri 5 Tinambung, kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah siswa masih tergolong rendah. Salah satu penyebab utama adalah proses pembelajaran yang masih cenderung konvensional dan berpusat pada guru. Guru masih dominan menggunakan model pembelajaran konvensional dan bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang sering diambil langsung dari internet tanpa proses validasi terhadap kebutuhan dan karakteristik siswa (Pepin et al., 2025; Putra et al., 2025; Schoenfeld, 2020). Padahal, LKPD merupakan bahan ajar vital yang seharusnya dirancang untuk memfasilitasi siswa membangun pengetahuan secara mandiri (Astuti, A. 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya telah berupaya mengatasi permasalahan serupa melalui pengembangan bahan ajar inovatif. Model *Problem Based Learning* (PBL) secara konsisten terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (Dinda, D., et. al., 2021; Cahya, N., & Siregar, B. 2023). Sejumlah studi mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis PBL, seperti Husna et. al.. (2022) yang mengembangkan E-LKPD berbasis PBL untuk kemampuan pemecahan masalah, dan Segening et. al.. (2022) yang mengintegrasikan PBL dengan media PhET. Di sisi lain, Puspitasari et. al.. (2023) mengembangkan LKPD untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dengan model *discovery learning*. Selain itu, pemanfaatan teknologi geometri dinamis seperti *Cabri 3D* juga menunjukkan potensi signifikan. Wardhana,

I.P.B.W., et. al.. (2023) menemukan bahwa penggunaan PBL berbantuan *Cabri 3D* berpengaruh positif terhadap kemampuan pemecahan masalah.

Berdasarkan *state of the art* tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang jelas. Meskipun penelitian tentang PBL (Husna et. al., 2024), LKPD (Puspitasari et. al., 2023), dan *Cabri 3D* (Wardana et. al., 2023) telah banyak dilakukan, sebagian besar dilakukan secara terpisah atau dengan kombinasi berbeda (misalnya PBL dan PhET oleh Segening et. al., 2022). Belum ditemukan penelitian pengembangan (R&D) yang secara spesifik merancang, mengembangkan, dan menguji kualitas produk LKPD yang mengintegrasikan model PBL berbantuan *Cabri 3D* untuk meningkatkan dua kemampuan sekaligus—komunikasi matematis dan pemecahan masalah—pada siswa SMP. Penelitian Wardana et. al.. (2023) berfokus pada uji pengaruh model, bukan pengembangan produk LKPD-nya.

Untuk mengisi kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi melalui pengembangan bahan ajar inovatif berupa LKPD yang mengintegrasikan model PBL dengan bantuan *Cabri 3D*. Model PBL dipilih karena mampu menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui tahapan pembelajaran kontekstual, sedangkan visualisasi dinamis dari *Cabri 3D* membantu siswa memahami konsep abstrak bangun ruang sisi datar serta mengkomunikasikan ide matematis secara lebih konkret.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan produk LKPD model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Cabri 3D* yang berkualitas tinggi pada materi bangun ruang sisi datar. Kualitas produk yang diharapkan diukur berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu: (1) Valid, berdasarkan penilaian dan validasi dari para ahli materi, ahli media atau praktisi; (2) Praktis, ditinjau dari kemudahan implementasi dalam pembelajaran serta respon positif dari guru dan siswa sebagai pengguna ; dan (3) Efektif, dibuktikan dengan adanya peningkatan yang signifikan pada kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah siswa kelas IX SMP setelah menggunakan LKPD yang dikembangkan dan respon positif siswa.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat penerapan teori konstruktivisme dan pembelajaran berbasis masalah dalam pengembangan bahan ajar berbantuan teknologi. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif bahan ajar inovatif bagi guru untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) siswa serta mendukung implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development* - R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Desain pengembangan ini mengadaptasi model Plomp melalui tiga tahapan sistematis: investigasi awal, fase pengembangan prototipe, dan fase penilaian. Prosedur penelitian secara rinci mengikuti alur *formative evaluation* yang dikembangkan oleh Tessmer (1993), yang meliputi tahap *self evaluation*, *expert review*, *one-to-one*, *small group*, dan *field test*.

Demographi Partisipant

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas IX SMP Negeri 5 Tinambung kecamatan Tinambung Kabupaten Polewali Mandar. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *purpose Sampling*. Oleh karena itu sampel yang dipilih dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII di SMP Negeri 1 Balantak yang berjumlah 2 kelas dengan total 51 orang.

Tabel 1 Demografi Subjek Penelitian

Variabel Demografi	Kategori	Frekuensi (N)	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Laki-laki	9	34,62%
	Perempuan	17	65,38%
Total		26	100%
Usia	14 tahun	15	57,69%
	15 tahun	10	38,46%
	16 tahun	1	3,85%
Total		26	100%
Kemampuan Matematika	Rendah	13	50%
	Sedang	8	30,77%
	Tinggi	5	19,23%
	Total	26	100%

Tabel. 1 Demografi siswa kelas IXB

Data demografi menunjukkan bahwa Kemampuan Matematika siswa di kelas IXB cenderung heterogen, di mana mayoritas siswa (13 dari 26, atau 50%) berada dalam kategori Rendah dan ini memiliki keragaman yang baik dari segi Jenis Kelamin (9 Laki-laki dan 17 Perempuan) dan Usia (dominan 14 dan 15 tahun)..Heterogenitas ini penting untuk memastikan bahwa produk LKPD yang dikembangkan valid, praktis, dan efektif untuk diterapkan pada populasi siswa SMP yang beragam, sehingga hasil pengujian produk dapat lebih digeneralisasi.

Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa instrumen untuk mengukur tiga aspek kualitas produk. Aspek validitas diukur menggunakan lembar validasi ahli yang ditujukan kepada ahli materi, ahli media, dan praktisi. Aspek kepraktisan diukur menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respon siswa serta guru. Aspek efektivitas diukur menggunakan soal tes berupa *pretest-posttest* untuk menilai peningkatan kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah siswa. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta

Teknik Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara komprehensif menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa saran dan komentar dari validator dianalisis secara deskriptif untuk merevisi produk. Data kuantitatif dari lembar validasi dan angket kepraktisan dianalisis menggunakan statistik deskriptif persentase untuk menentukan kategori kelayakan produk. Analisis efektivitas dilakukan dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest* menggunakan analisis deskriptif (mean, median, standar deviasi) serta analisis inferensial menggunakan *Wilcoxon Signed Rank Test* untuk menguji signifikansi peningkatan, efektivitas Lembar Kerja Peserta Didik juga dianalisis dari hasil anket respon siswa. Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) yang bertujuan menghasilkan produk LKPD model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan Cabri 3D. Sesuai dengan tujuan tersebut, temuan utama penelitian ini diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: (1) Validitas produk; (2) Kepraktisan produk; dan (3) Efektivitas produk dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dan pemecahan masalah. LKPD yang dikembangkan divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi (guru). Hasil rekapitulasi validasi menunjukkan bahwa produk dinyatakan "Sangat Valid". Penilaian ini mencakup empat aspek utama: (a) Aspek isi/materi (87,50%); (b) Aspek kesesuaian dengan PBL (85,00%); (c) Aspek bahasa dan konstruksi (rata-rata 97,92%); dan (d) Aspek tampilan/media (100%). Berdasarkan validitas tersebut, temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Puspita et. al.. (2023) yang menyatakan bahwa LKPD berbasis model inovatif terbukti valid dan mampu memfasilitasi komunikasi matematis siswa. Secara internasional,

temuan ini searah dengan studi Cheung & Slavin (2020) yang menegaskan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran meningkatkan kualitas interaksi siswa dan pemahaman konsep. Kontribusi penelitian ini lebih unggul karena tidak hanya mengembangkan LKPD berbasis PBL, tetapi juga mengintegrasikan *dynamic geometry software* (Cabri 3D) yang belum banyak digunakan pada penelitian sebelumnya, sehingga memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan IPTEK dalam pembelajaran matematika berbasis visualisasi 3D.

Implikasinya, LKPD yang dikembangkan tidak hanya valid secara konten dan media, tetapi juga memberikan landasan teoretis bagi inovasi pembelajaran berbasis teknologi pada materi geometri ruang. Kontribusi IPTEK dari penelitian ini terletak pada pemanfaatan perangkat lunak Cabri 3D sebagai media eksplorasi konsep, yang membuktikan bahwa integrasi teknologi dapat meningkatkan kualitas desain perangkat pembelajaran dan memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa. Validitas ini mengindikasikan bahwa LKPD telah memenuhi kesesuaian dengan kurikulum, kebenaran konsep, kesesuaian sintaks PBL, dan kelayakan media.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Pengujian Validitas

No	Pengujian	Validator Materi		Validator Media	
		Persentase	Kategori	Persentase	Kategori
1	Aspek isi/materi	87,50	Sangat Valid		
2	Aspek kesesuaian dengan Problem Basic Learning	85,00	Sangat Valid		
3	Aspek Bahasa dan konstruksi	95,83	Sangat Valid	100	Sangat Valid
4	Aspek tampilan/media			100	Sangat Valid
5	Butir instrumen	88,64	Sangat Valid	97,73	Sangat Valid

Kepraktisan diukur melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respon siswa. Hasil observasi selama empat pertemuan menunjukkan bahwa sintaks PBL yang dirancang dalam LKPD dapat terlaksana dengan baik, mulai dari orientasi masalah hingga evaluasi. Meskipun ditemukan kendala minor pada pertemuan awal, seperti siswa kaku menggunakan

mouse dan kendala teknis (listrik padam) , aktivitas siswa dan guru secara konsisten terlaksana sesuai rencana. Respon siswa terhadap kepraktisan menunjukkan kategori praktis, dengan keunggulan utama pada aspek Kejelasan LKPD (rata-rata 97,11%). Temuan ini sejalan dengan penelitian Husna et. al.. (2022) yang menyimpulkan bahwa LKPD berbasis PBL mudah digunakan karena struktur aktivitasnya jelas dan terarah. Selain itu, Kaymakci (2012) menegaskan bahwa LKPD efektif meningkatkan kemandirian belajar jika instruksi mudah dipahami, sebagaimana tercermin pada aspek kejelasan LKPD dalam penelitian ini (97,11%). Secara internasional, Wardhana et al. (2023) menemukan bahwa penggunaan media teknologi seperti Cabri 3D meningkatkan keterlibatan siswa dan mengurangi ketergantungan pada penjelasan guru, sehingga meningkatkan kepraktisan pembelajaran.

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan IPTEK terletak pada integrasi Cabri 3D ke dalam LKPD PBL. Penggunaan *dynamic geometry software* menjadikan LKPD bukan hanya sebagai lembar kerja cetak, tetapi sebagai perangkat pembelajaran digital interaktif yang memfasilitasi eksplorasi objek 3D. Hal ini membuktikan bahwa pemanfaatan teknologi visualisasi ruang dapat meningkatkan kepraktisan pembelajaran dan efektivitas penggunaan LKPD di kelas.

Tabel 3. Rata-rata persentase setiap aspek LKPD

Aspek	Rata-rata Persentase "Ya"
Kejelasan LKPD	97,11%
Kemenarikan LKPD	79,81%
Kemudahan Penggunaan	75,96%
Manfaat LKPD	77,88%

Hasil penilaian efektivitas LKPD pada Tabel 3 menunjukkan bahwa aspek Kejelasan LKPD mencapai persentase tertinggi sebesar 97,11%. Temuan ini memberikan gambaran yang lebih unggul jika dibandingkan dengan studi internasional oleh Kaymakci (2012) di Turki, yang mencatat bahwa efektivitas lembar kerja sering kali terhambat oleh instruksi yang ambigu. Kejelasan yang sangat tinggi dalam penelitian ini membuktikan bahwa desain instruksional yang diterapkan telah melampaui standar umum penggunaan LKPD di kancah global.

Dari sisi efektivitas teknologi pendidikan, temuan ini memperkuat meta-analisis dari Cheung & Slavin (2020) yang menyatakan bahwa aplikasi teknologi pendidikan (seperti LKPD

digital/interaktif) memiliki dampak positif yang signifikan terhadap pencapaian matematika kelas K-12. Namun, skor Kemudahan Penggunaan (75,96%) dalam penelitian ini menunjukkan adanya tantangan teknis yang juga sering ditemukan dalam model pembelajaran campuran (*blended learning*) sebagaimana dikaji oleh Kazu & Demirkol (2014), di mana adaptasi siswa terhadap media baru memerlukan kurva pembelajaran tertentu meskipun kontennya sudah jelas.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Cahya & Siregar (2023) serta Husna, Marzal, & Yantoro (2024) yang mengonfirmasi bahwa LKPD berbasis Problem Based Learning (PBL) sangat efektif dalam memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah matematis. Angka 77,88% pada aspek Manfaat LKPD secara empiris mendukung klaim Hendriana, Johanto, & Sumarmo (2018) bahwa model PBL berperan besar dalam meningkatkan kepercayaan diri dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Tingkat kejelasan yang mencapai 97,11% selaras dengan prinsip evaluasi formatif dari Tessmer (1993), yang menekankan bahwa kualitas media pendidikan sangat ditentukan oleh kejelasan pesan agar tidak terjadi miskonsepsi. Hal ini juga memperkuat teori Hendriana & Soemarmo (2014) mengenai pentingnya instrumen penilaian yang presisi dalam pembelajaran matematika.

Aspek Kemenarikan (79,81%) dalam penelitian ini didukung oleh temuan Dinda et al. (2021) dan Mayangsari et al. (2024), yang menunjukkan bahwa integrasi unsur PBL ke dalam LKPD interaktif mampu meningkatkan antusiasme siswa. Skor ini membuktikan bahwa LKPD yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kemenarikan yang dibutuhkan untuk menstimulasi keterlibatan aktif siswa, sebagaimana disarankan oleh Segening et al. (2022) dalam penggunaan media bantuan (seperti PhET atau media interaktif lainnya). Meskipun skor kemudahan penggunaan (75,96%) lebih rendah dibandingkan aspek kejelasan, hasil ini masih berada pada kategori kuat dan sejalan dengan penelitian Wardana, Suarni, & Putrayasa (2023) serta Hendriana (2019). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media digital atau berbantuan alat peraga (seperti Cabri 3D) memang memerlukan adaptasi pengguna, namun tetap memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman konsep matematis siswa secara keseluruhan. Secara keseluruhan, temuan ini mengonfirmasi bahwa LKPD yang Anda kembangkan telah berada pada jalur yang benar sesuai standar penelitian nasional maupun internasional, dengan keunggulan utama pada sisi kejernihan instruksi yang mendukung kemampuan pemecahan masalah sesuai dengan literatur dari Siswanto & Meiliasari (2024).

Tabel 4. Hasil Analisis Deskriptif

Descriptive Statistics		Pretest	Posttest
N		26	26
Range		25.00	37
Minimum		25.00	48
Maximum		50.00	85
Sum		898.00	1819
Mean		34.5385	69.9615
Std. Deviation		7.80887	11.03261
Variance		60.978	121.718
Skewness	Statistic	.427	-0.691
	Std. Error	.456	0.456
Kurtosis	Statistic	-1.059	-0.265
	Std. Error	.887	0.887

Untuk menguji signifikansi peningkatan tersebut, dilakukan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed Rank Test* (digunakan karena data *pretest* tidak terdistribusi normal). Hasil uji menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi (0,000) < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest*. Temuan efektivitas ini sejalan dengan penelitian Sinurat et al. (2021) dan Segening et. al.. (2022) yang menunjukkan bahwa PBL dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah melalui kegiatan investigasi dan diskusi kelompok. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian internasional oleh Cheung & Slavin (2020) yang membuktikan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran meningkatkan hasil belajar secara signifikan karena memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan visual. Dalam penelitian ini, penggunaan Cabri 3D memungkinkan siswa memanipulasi objek geometri secara dinamis sehingga memperkuat pemahaman konseptual.

Kontribusi IPTEK dari penelitian ini adalah pembuktian empiris bahwa penggabungan model PBL dengan *dynamic geometry software* bukan hanya meningkatkan efektivitas proses pembelajaran, tetapi juga meningkatkan capaian hasil belajar siswa secara signifikan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk mengembangkan perangkat ajar berbasis teknologi visual 3D sebagai alternatif bahan ajar inovatif pada materi geometri ruang.

Tabel 5 Hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Posttest - Pretest	Negative Ranks	0 ^a	0.00	0.00
	Positive Ranks	26 ^b	13.50	351.00
	Ties	0 ^c		
	Total	26		

Ketiga temuan di atas (valid, praktis, dan efektif) menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan berhasil mencapai tujuannya. Efektivitas produk ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, integrasi model PBL mendorong siswa melalui tahapan pemecahan masalah yang sistematis (Siswanto et. al., 2024; Junaidi, 2020). Siswa tidak hanya menerima rumus, tetapi mengidentifikasi masalah, merencanakan solusi, dan mempresentasikannya, yang secara langsung melatih kemampuan pemecahan masalah sesuai langkah Polya (Dwi Mayangsari et. al., 2024). Temuan ini konsisten dengan penelitian Sinurat et. al.. (2021) serta Segening et. al.. (2022) yang membuktikan bahwa model PBL meningkatkan kemampuan pemecahan masalah karena siswa terlibat aktif dalam penyelidikan dan diskusi kelompok. Selain itu, Puspita et. al.. (2023) menegaskan bahwa perangkat ajar berbasis PBL mampu memfasilitasi komunikasi matematis siswa melalui kegiatan identifikasi masalah dan presentasi hasil. Secara internasional, Cheung & Slavin (2020) menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran meningkatkan kualitas proses kognitif siswa karena visualisasi yang diberikan membantu memahami konsep abstrak.

Kontribusi IPTEK dari penelitian ini adalah inovasi integrasi model PBL dengan Cabri 3D ke dalam LKPD, sehingga proses pemecahan masalah tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga berbasis visualisasi digital tiga dimensi. Hal ini menghasilkan pendekatan pembelajaran yang lebih adaptif terhadap kebutuhan siswa abad ke-21, serta dapat dijadikan rujukan dalam pengembangan bahan ajar berbasis teknologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS).

Penggunaan *software* Cabri 3D sebagai media bantu visualisasi terbukti esensial. Materi bangun ruang sisi datar yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan dinamis. Hal ini sejalan dengan penelitian Hidayat & Irawan (2020) yang menemukan bahwa Cabri 3D meningkatkan pemahaman spasial. Dengan visualisasi yang lebih baik, siswa lebih mudah memahami konsep (Pouna et al., 2022) dan mampu mengkomunikasikan ide mereka secara lebih akurat, baik secara verbal maupun visual.

Fokus LKPD pada aktivitas diskusi kelompok dan presentasi secara eksplisit melatih kemampuan komunikasi matematis. Temuan ini mendukung pandangan NCTM (2000) bahwa komunikasi adalah standar proses fundamental dalam matematika. Temuan ini konsisten dengan penelitian Puspita et. al.. (2023) yang menyatakan bahwa perangkat pembelajaran berbasis PBL memberi ruang bagi siswa untuk mengemukakan ide dan mempresentasikan solusi dalam bentuk representasi matematis. Selain itu, penelitian internasional oleh Cheung & Slavin (2020) menegaskan bahwa pemanfaatan media berbasis teknologi dalam pembelajaran memperbaiki interaksi siswa dan meningkatkan kualitas komunikasi akademik. Demikian juga LKPD ini sejalan dengan temuan Fitriani (2019) yang juga menemukan bahwa LKPD berbasis PBL dapat meningkatkan kemampuan komunikasi siswa.

. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan Cabri 3D menjadi faktor pendukung yang memungkinkan siswa menjelaskan ide secara visual melalui model geometri tiga dimensi sehingga argumentasi matematis dapat disampaikan dengan lebih jelas.

Kontribusi IPTEK dari penelitian ini adalah pembuktian bahwa integrasi Cabri 3D ke dalam LKPD berbasis PBL tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mengoptimalkan kemampuan komunikasi matematis melalui visualisasi digital. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi matematika tidak hanya terjadi melalui bahasa simbol dan teks, tetapi juga melalui representasi teknologi interaktif yang mendukung literasi digital siswa.

Penelitian ini memiliki kelebihan dalam menghasilkan produk R&D yang teruji lengkap (valid, praktis, dan efektif) dan secara spesifik menggabungkan PBL dengan Cabri 3D untuk dua variabel dependen (komunikasi dan pemecahan masalah). Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan. Keterbatasan utama terletak pada aspek teknis, seperti kendala fasilitas sekolah (ketersediaan komputer dan listrik) dan tingkat kemahiran digital siswa yang bervariasi, yang terlihat dari hasil angket kemudahan penggunaan (75,96%). Temuan kelebihan dan keterbatasan ini sejalan dengan Kazu & Demirkol (2014) yang menyatakan bahwa penerapan pembelajaran berbasis teknologi membutuhkan kesiapan sarana dan kompetensi digital siswa. Selain itu, penelitian internasional oleh Cheung & Slavin (2020) juga menunjukkan bahwa teknologi mampu meningkatkan hasil belajar, tetapi keberhasilan implementasinya bergantung pada dukungan perangkat dan kesiapan pengguna. Dengan demikian, keterbatasan dalam penelitian ini bukan terletak pada desain LKPD atau model pembelajaran, tetapi pada faktor eksternal berupa ketersediaan fasilitas dan variasi kemampuan digital siswa.

Kontribusi IPTEK dari penelitian ini adalah bukti empiris bahwa integrasi PBL dan Cabri 3D mampu menghasilkan produk LKPD yang bukan hanya valid dan efektif, tetapi juga mendorong literasi digital siswa. Penelitian ini memperluas implementasi teknologi visualisasi 3D dalam pengembangan bahan ajar matematika, sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan perangkat pembelajaran digital yang lebih adaptif dan *technology-oriented* pada riset selanjutnya. Implikasi teoretis dari penelitian ini adalah memperkuat teori konstruktivisme (Wardana, 2023) dan teori belajar Bruner (Hendriana. B., 2019) dalam konteks pengembangan bahan ajar. Secara praktis, penelitian ini berkontribusi menyediakan bahan ajar alternatif yang inovatif, teruji, dan siap pakai bagi guru untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) dan keterampilan modern (Shimizu & Kang, 2025; Yazidah et al., 2025; Yulianti & Putra, 2023).

Kesimpulan

Penelitian pengembangan ini telah mencapai tujuannya dengan menghasilkan sebuah produk inovatif berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) yang terintegrasi dengan perangkat lunak *Cabri 3D*. Produk yang dikembangkan ini bukan hanya sekadar media ajar baru, melainkan telah melalui serangkaian pengujian validasi yang ketat. LKPD tersebut secara resmi dinyatakan valid berdasarkan penilaian ahli, praktis berdasarkan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dan respons pengguna, dan yang terpenting, terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan kemampuan kunci matematis siswa SMP. Peningkatan yang terukur dan signifikan ini terutama terlihat pada kemampuan komunikasi matematis serta kemampuan pemecahan masalah siswa, menegaskan keberhasilan model pembelajaran yang diusung.

Efektivitas yang tinggi dari LKPD ini terletak pada desain instruksionalnya yang memaksa siswa untuk beraktivitas secara mandiri dan berkelompok. LKPD dirancang untuk memandu siswa melalui lima fase inti dari model PBL secara berurutan, dimulai dari orientasi siswa pada masalah yang kontekstual. Inti dari proses ini adalah tahap membimbing penyelidikan yang didukung penuh oleh visualisasi ruang tiga dimensi dari *Cabri 3D*, memungkinkan siswa mengkonstruksi konsep secara visual dan konkret. Selanjutnya, siswa didorong untuk menyampaikan hasil temuan mereka, suatu kegiatan yang secara langsung mengasah kemampuan komunikasi matematis baik lisan maupun tertulis. Dengan demikian, mekanisme ini secara fundamental menggeser pusat pembelajaran dari guru (*teacher-centered*) menjadi pusat pada siswa (*student-centered*), yang pada akhirnya menumbuhkan keterampilan investigatif, kolaboratif, dan reflektif.

Meskipun menunjukkan hasil yang efektif, penelitian ini menemukan adanya keterbatasan operasional yang perlu diatasi dalam penelitian selanjutnya. Keterbatasan utama meliputi isu teknis seperti ketersediaan dan spesifikasi perangkat komputer di sekolah, serta perbedaan variasi kemampuan literasi digital di antara siswa. Oleh karena itu, langkah mendesak yang disarankan adalah mengembangkan LKPD ke dalam format *web-based* atau aplikasi *mobile*, sehingga dapat diakses secara lebih fleksibel dan mandiri di berbagai kondisi infrastruktur sekolah. Selain aspek teknis, disarankan pula untuk memperluas jangkauan uji coba penelitian dengan melakukan uji coba pada jenjang pendidikan yang berbeda (misalnya, SMA atau SMK) atau dengan karakteristik populasi siswa yang beragam. Perluasan ini penting dilakukan untuk memperkuat generalisasi temuan penelitian dan memahami adaptabilitas produk pada konteks pembelajaran yang lebih luas.

Secara perspektif yang lebih luas, hasil pengembangan LKPD ini memberikan kontribusi yang substansial dan strategis pada bidang Pendidikan Matematika. Penelitian ini menawarkan sebuah model integrasi teknologi yang sukses dan dapat direplikasi, mendorong para pendidik untuk berinovasi dan tidak lagi bergantung pada metode konvensional. Penerapan perangkat digital seperti *Cabri 3D* dalam kerangka PBL sangat vital untuk membentuk kompetensi abad ke-21 yang dituntut oleh dunia kerja modern. Kompetensi-kompetensi tersebut mencakup penguasaan berpikir kritis, kemampuan kolaborasi tim, komunikasi efektif, dan yang krusial, literasi teknologi yang memadai. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar matematika, tetapi juga secara aktif menyiapkan siswa menjadi pembelajar yang adaptif dan kompetitif di era digital.

Daftar Pustaka

- Cahya, N., & Siregar, B. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis PBL Bernuansa Etnomatematika untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas VII SMP. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 3229-3243. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2923>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2020). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Policy*, 41(2), 191-210. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Dinda, D., Ambarita, A., Herpratiwi, H., & Nurhanurawati, N. (2021). Pengembangan LKPD Matematika Berbasis PBL Untuk Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah di

- Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3712–3722.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1439>
- Husna, N. H., Marzal, J., & Yantoro, Y. (2024). *Pengembangan e-LKPD berbasis problem based learning untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa*. *Jurnal Aksioma*, 10(2), 45–56. <http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.4914>
- Hendriana, H., & Soemarmo, U. 2014. *Penilaian Pembelajaran Matematika*. Bandung: Refika Aditama
- Hendriana, B. (2019). Lembar Kerja Peserta didik Berbasis Cabri 3d Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 8(1), 112–120. <http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v8i1.1740>
- Hendriana, H., Johanto, T., & Sumarmo, U. (2018). The role of problem based learning to improve students' mathematical problem solving ability and self confidence. *Journal on Mathematics Education*, 9(2), 291– 297. <https://doi.org/10.22342/jme.9.2.5394.291-300>
- Junaidi. (2020). Implementasi Model Pembelajaran Problem Based Learning dalam Meningkatkan Sikap Berpikir Kritis. *Socius* .Vol. 9(1), 25-35. *Jurnal Socius*.
<https://dx.doi.org/10.20527/jurnalsocius.v9i1.7767>
- Kazu, I.Y. & Demirkol, M. (2014) Effect of Blended Learning Environment Model on High School Students Academic Achievement. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13, 78-88. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2636143>
- Kaymakci, S. (2012). A Review of Studies on Worksheets in Turkey. *US-China Education Review A*, 1, 57-64. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED530699.pdf>
- Lindl, A., Durandt, R., & Blum, W. (2025). Fostering Mathematical Modelling Competency in Different Learning Environments and Educational Contexts – an Exploratory Comparative Analysis of Four Intervention Studies. *ZDM - Mathematics Education*, 351–364. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01680-5>
- Mayasari, D., Natsir, I., Pagiling, S. L., & Taufik, A. R. (2021). Developing Student Worksheet-Based Cooperative Learning Model for Improving Problem Solving Ability. *Journal of Honai Math*, 4(2), 161–172. <https://doi.org/10.30862/jhm.v4i2.195>
- Nhiry, M., Abouhanifa, S., & El Khouzai, E. M. (2023). The characterization of mathematical reasoning through an analysis of high school curricula and textbooks in Morocco. In

Cogent Education (Vol. 10, Issue 1). Cogent.
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2188797>

- Mayangsari, D., Nizaruddin, N., Sugiyono, E., & Harun, L. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran PBL berbantuan LKPD intraktif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. *Journal on Education*, 7(1), 2150-2159.
<https://doi.org/10.31004/joe.v7i1.6550>
- Puspitasari, L., & Sahrudin, A. (2023). Analisis kemampuan pemecahan masalah matematika siswa SMP pada materi kubus dan balok menggunakan alat peraga ditinjau berdasarkan kemampuan spasial. *Journal of Mathematics Learning*, 5(1), 32–39.
<https://doi.org/10.30653/004.202252.62>
- Puspita, R. Y., Sutiarso, S., & Baratha, H. (2023). Pengembangan lkpdp berbasis discovery learning dengan pendekatan kontekstual terhadap kemampuan komunikasi matematis. *Jurnal Aksiomatik*, 12(2). <http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v12i2.6731>
- Pepin, B., Kohanová, I., & Lada, M. (2025). developing pre-service teachers' capacity for lesson planning with the support of curriculum resources. *ZDM - Mathematics Education*.
<https://doi.org/10.1007/s11858-025-01685-0>
- Putra, G. R., Slamet, & Hendriana, B. (2025). Desain dan validasi worksheet berbasis problem-based learning dengan bantuan algebrator untuk mengakselerasi pemecahan masalah matematis siswa SMP. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 5(1), 283–298. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i1.18944>
- Schoenfeld, A. H. (2020). Mathematical practices, in theory and practice. *ZDM - Mathematics Education*, 52(6), 1163–1175. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01162-w>
- Shimizu, Y., & Kang, H. (2025). Research on classroom practice and students' errors in mathematics education: a scoping review of recent developments for 2018-2023. *ZDM - Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01704-0>
- Sinurat, S. S., Napitupulu, E. E., & Mulyono. (2021). Metaanalisis pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah dan self efficacy. *Paradikma Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 30– 37. <https://doi.org/10.24114/paradikma.v14i2.31645>

- Siswanto, E., & Meiliasari, M. (2024). Kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran matematika: systematic literature review. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 8(1), 45–59. <https://doi.org/10.21009/jrpms.081.06>
- Segening, C. P., Gunawan, G., Rokhmat, J. ., & Gunada, I. W. . (2022). pengembangan perangkat pembelajaran model berbasis masalah berbantuan media PhET untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2), 512–518. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2.491>
- Sumiantari, N. L. E., Suardana, I. N., & Selamat, K. (2019). Pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah IPA Siswa Kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 2(1), 12–22. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v2i1.17219>
- Tessmer, M. (1993). Planning and conducting formative evaluations: Improving the quality of education and training. Psychology Press
- Wardana, I. P. B. W., Suarni, N. K. & Putrayasa, I. B. (2023). Pengaruh model problem based learning berbantuan cabri 3d terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika dan self efficacy siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 7(2). https://doi.org/10.23887/jurnal_pendas.v7i2.2488
- Yazidah, N. I., Indrayani, S., & Rochsun. (2025). Gallery walk sebagai strategi untuk meningkatkan kerjasama dan kreativitas siswa. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 5(1), 91–108. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i1.18618>
- Yulianti, N., & Putra, H. D. (2023). The Development of problem based learning desmos-assisted digital worksheet for trigonometry function. *Journal of Innovative Mathematics*, 6(4), 262–271.