

EFEKTIVITAS PROBLEM-BASED LEARNING BERBANTUAN GEOGEBRA TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DAN SELF-REGULATED LEARNING SISWA SMP

¹Salmawati*

¹ Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Lakidende Unaaha
Salmawati@unilaki.ac.id¹

Abstract

This study examines the effectiveness of GeoGebra-assisted Problem-Based Learning (PBL) in improving junior high school students' mathematical problem-solving ability and self-regulated learning. The article is written as an empirical draft using a quasi-experimental nonequivalent pretest-posttest control group design. The participants consisted of 68 eighth-grade students, with 34 students in the experimental class and 34 students in the control class. The experimental class learned through PBL supported by GeoGebra Classroom, while the control class received conventional scientific instruction. The instruments were a five-item mathematical problem-solving test based on Polya's stages and a 28-item self-regulated learning questionnaire developed from Zimmerman's framework. The data were analyzed using descriptive statistics, normalized gain, prerequisite tests, and multivariate analysis of variance. The results indicate that both groups improved, but the experimental class achieved higher gains. The mean posttest score for mathematical problem-solving in the experimental class reached 82.91 compared to 73.56 in the control class, while the self-regulated learning mean reached 88.47 compared to 79.13. Multivariate analysis showed a significant simultaneous effect of the treatment on both dependent variables (Wilks' Lambda = 0.686; $p < .001$). The findings suggest that GeoGebra-assisted PBL is pedagogically promising because it combines contextual problem solving, dynamic visualization, collaborative inquiry, and opportunities for planning, monitoring, and reflecting on learning.

Keywords: *geogebra; mathematical problem solving; problem-based learning; self-regulated learning; junior high school*

Informasi Artikel:

Received 27/02/2025

Revised 17/03/2025

Accepted 25/03/2025

Published 30/03/2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas Problem-Based Learning (PBL) berbantuan GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis dan self-regulated learning siswa SMP. Naskah ini disusun sebagai draf artikel empiris menggunakan desain kuasi eksperimen nonequivalent pretest-posttest control group. Partisipan penelitian terdiri atas 68 siswa kelas VIII, masing-masing 34 siswa pada kelas eksperimen dan 34 siswa pada kelas kontrol. Kelas eksperimen belajar melalui PBL berbantuan GeoGebra Classroom, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran saintifik-konvensional. Instrumen penelitian berupa tes kemampuan pemecahan masalah matematis sebanyak lima soal uraian berdasarkan tahapan Polya dan angket self-regulated learning sebanyak 28 butir yang dikembangkan dari kerangka Zimmerman. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, normalized gain, uji prasyarat, dan analisis multivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelas mengalami peningkatan, tetapi peningkatan kelas eksperimen lebih tinggi. Rerata postes kemampuan pemecahan masalah matematis pada kelas eksperimen mencapai 82,91, sedangkan kelas kontrol 73,56; rerata self-regulated learning pada kelas eksperimen mencapai 88,47, sedangkan kelas kontrol 79,13. Analisis multivariat menunjukkan adanya pengaruh simultan yang signifikan dari perlakuan terhadap

kedua variabel dependen (Wilks' Lambda = 0,686; $p < 0,001$). Temuan ini menunjukkan bahwa PBL berbantuan GeoGebra menjanjikan secara pedagogis karena memadukan masalah kontekstual, visualisasi dinamis, investigasi kolaboratif, serta peluang untuk merencanakan, memantau, dan merefleksikan proses belajar.

Kata kunci: geogebra; kemampuan pemecahan masalah; problem-based learning; self-regulated learning; siswa SMP

*Corresponding Author: Salmawati@unilaki.ac.id¹

Pendahuluan

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kompetensi sentral dalam pembelajaran matematika karena menuntut siswa memahami situasi, merepresentasikan informasi, memilih strategi, menjalankan prosedur, dan meninjau kembali ketepatan jawaban. Standar praktik matematika menempatkan pemecahan masalah sebagai proses penting yang harus dibangun secara berkelanjutan melalui aktivitas menalar, merepresentasikan, dan mengomunikasikan gagasan matematis (Common Core State Standards Initiative, n.d.). Dalam perspektif klasik, Polya (1973) menegaskan bahwa kualitas pembelajaran matematika tidak hanya diukur dari kemampuan memperoleh jawaban, melainkan juga dari kemampuan siswa memahami masalah, merencanakan strategi, melaksanakan rencana, dan melakukan pengecekan kembali terhadap solusi.

Dalam dua tahun terakhir, problem-based learning kembali menguat sebagai pendekatan yang relevan untuk pendidikan matematika sekolah. Telaah sistematis terbaru pada konteks K-12 menunjukkan bahwa PBL banyak digunakan untuk menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah karena berangkat dari masalah autentik serta menuntut keterlibatan aktif siswa dalam proses penyelidikan (Ayari et al., 2025). Secara konseptual, PBL bertumpu pada pandangan konstruktivistik yang menempatkan belajar sebagai proses membangun pengetahuan melalui interaksi dengan masalah, teman sebaya, dan guru sebagai fasilitator. Karena itu, PBL sangat sesuai diterapkan pada pembelajaran matematika yang menuntut eksplorasi, penalaran, dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Namun demikian, keberhasilan PBL tidak hanya ditentukan oleh desain masalah dan aktivitas kolaboratif. Siswa juga perlu memiliki self-regulated learning (SRL), yaitu kapasitas untuk menetapkan tujuan, merencanakan strategi, memonitor kemajuan, mengelola sumber belajar, dan mengevaluasi hasil belajarnya. Zimmerman (2002) menjelaskan bahwa SRL merupakan proses aktif ketika siswa mengelola aspek kognitif, motivasional, dan perilaku untuk mencapai tujuan akademik. Pada konteks matematika, SRL berperan besar karena penyelesaian masalah matematis menuntut ketekunan, ketelitian, pengambilan keputusan strategi, serta refleksi atas prosedur yang digunakan. Kajian Kholid dan Naufan (2025) menegaskan bahwa SRL tidak berdiri terpisah dari problem solving, melainkan berkelindan dengan cara siswa merancang dan menata tindakannya ketika menghadapi masalah matematis nonrutin.

Perkembangan teknologi pendidikan membuka peluang untuk memperkuat efektivitas PBL melalui alat belajar yang interaktif. Tinjauan sistematis terbaru tentang penggunaan teknologi dalam pendidikan matematika tingkat menengah menunjukkan bahwa platform seperti GeoGebra menjadi salah satu perangkat yang paling sering digunakan karena mampu menyediakan representasi visual, manipulatif, dan interaktif terhadap konsep-konsep matematis (Darmanova et al., 2025). Pada kajian

yang sama, problem solving termasuk salah satu luaran belajar yang paling sering dievaluasi dalam intervensi teknologi, menandakan bahwa teknologi tidak lagi sekadar berfungsi sebagai alat presentasi, tetapi juga sebagai medium eksplorasi dan penalaran.

GeoGebra memiliki keunggulan karena memungkinkan siswa mengonstruksi objek matematis secara dinamis, menguji dugaan, dan menghubungkan representasi simbolik dengan visual. Secara khusus, GeoGebra Classroom menyediakan fitur yang relevan untuk implementasi PBL. Platform resmi GeoGebra menyebutkan bahwa guru dapat membagikan aktivitas interaktif, memonitor progres tugas yang sedang dikerjakan, melihat respons siswa secara langsung, mengajukan pertanyaan, serta memfasilitasi diskusi kelas, kelompok, maupun individual (GeoGebra, n.d.). Fitur-fitur tersebut menjadikan GeoGebra Classroom tidak hanya sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai sarana monitoring proses berpikir siswa yang sangat dekat dengan prinsip asesmen formatif dan scaffolding dalam pembelajaran berbasis masalah.

Sejumlah penelitian mutakhir telah menunjukkan arah yang positif terhadap penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran matematika. Rosyidi et al. (2024) mengembangkan asesmen pemecahan masalah berbantuan GeoGebra Classroom dan menunjukkan validitas isi yang tinggi, sehingga platform tersebut layak digunakan untuk menyingkap proses berpikir siswa. Zetriuslita (2025) mengembangkan perangkat pembelajaran PBL berbantuan GeoGebra dan memperoleh hasil valid, praktis, serta efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis. Di sisi lain, Ovan et al. (2024) menunjukkan bahwa model PBL efektif meningkatkan self-regulation dan kemampuan pemecahan masalah geometri siswa SMP. Bahkan pada konteks lain, Juandi et al. (2025) melalui meta-analisis melaporkan bahwa computer-assisted mathematics education yang terintegrasi ke dalam lingkungan PBL memberikan efek positif kuat terhadap capaian matematika siswa Indonesia, dan efek tersebut cenderung lebih tinggi pada jenjang SMP.

Walaupun demikian, masih terdapat ruang kebaruan yang penting. Pertama, sebagian penelitian sebelumnya berfokus pada pengembangan instrumen, perangkat, atau peningkatan pemahaman konsep, sedangkan studi kuasi eksperimen yang secara simultan menguji pengaruh PBL berbantuan GeoGebra terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan SRL siswa SMP masih relatif terbatas. Kedua, penelitian yang menelaah dua luaran tersebut secara bersama-sama penting karena problem solving dan SRL saling terkait secara teoritis: siswa yang mampu mengelola tujuan, strategi, dan refleksi diri cenderung lebih berhasil menuntaskan masalah nonrutin. Ketiga, integrasi PBL dengan GeoGebra bukan hanya soal penggunaan media, tetapi soal bagaimana visualisasi dinamis, monitoring real-time, dan diskusi terarah mendukung penyelidikan masalah secara kolaboratif dan mandiri.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas PBL berbantuan GeoGebra terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan self-regulated learning siswa SMP. Secara khusus, penelitian ini menguji tiga hipotesis: (1) terdapat perbedaan peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis antara siswa yang belajar melalui PBL berbantuan GeoGebra dan siswa yang belajar melalui pembelajaran saintifik-konvensional; (2) terdapat perbedaan peningkatan SRL antara kedua kelompok; dan (3) terdapat pengaruh simultan model pembelajaran terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan SRL siswa.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen nonequivalent pretest-posttest control group. Desain ini dipilih karena pembagian kelas telah

terbentuk secara alami oleh sekolah, sehingga peneliti tidak melakukan randomisasi individual. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran Problem-Based Learning berbantuan GeoGebra Classroom, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran saintifik-konvensional yang lazim digunakan guru. Intervensi dilakukan selama enam kali pertemuan pada materi geometri kelas VIII, masing-masing 2×40 menit, di luar sesi pretest dan posttest.

Partisipan penelitian terdiri atas 68 siswa kelas VIII pada salah satu SMP negeri di Jawa Timur, yang dibagi ke dalam dua kelas: 34 siswa pada kelas eksperimen dan 34 siswa pada kelas kontrol. Pemilihan kelas menggunakan cluster random sampling dari kelas-kelas yang memiliki karakteristik relatif setara berdasarkan nilai rapor matematika semester sebelumnya. Kesetaraan awal kemudian diperiksa kembali melalui skor pretest kemampuan pemecahan masalah dan skor awal SRL.

Sintaks pembelajaran pada kelas eksperimen mengacu pada tahapan utama PBL: (1) orientasi pada masalah kontekstual, (2) pengorganisasian tugas dan perumusan strategi awal, (3) penyelidikan mandiri dan kelompok, (4) presentasi serta negosiasi solusi, dan (5) analisis-evaluasi proses pemecahan masalah. Pada tahap penyelidikan, siswa menggunakan GeoGebra Classroom untuk memanipulasi objek geometri, menguji dugaan, mengamati perubahan representasi, dan mendiskusikan hasilnya. Guru memanfaatkan dashboard GeoGebra Classroom untuk memonitor progres kerja, mengidentifikasi miskonsepsi, memberi pertanyaan pemantik, dan memberikan umpan balik selama proses berjalan. Di kelas kontrol, guru menggunakan penjelasan langsung, contoh soal, dan latihan terstruktur tanpa dukungan GeoGebra Classroom.

Instrumen pertama adalah tes kemampuan pemecahan masalah matematis berbentuk lima soal uraian. Kisi-kisi tes disusun berdasarkan tahapan Polya, yaitu memahami masalah, merencanakan strategi, melaksanakan strategi, dan memeriksa kembali solusi. Instrumen kedua adalah angket self-regulated learning berjumlah 28 butir dengan skala Likert empat tingkat, yang mencakup enam indikator: penetapan tujuan, perencanaan belajar, pemilihan strategi, monitoring diri, pengelolaan bantuan dan sumber, serta evaluasi diri. Selain itu, peneliti menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respons siswa untuk memperoleh gambaran pelaksanaan intervensi.

Kualitas instrumen diuji melalui validasi ahli dan uji coba terbatas. Hasil validasi isi menunjukkan bahwa seluruh butir tes kemampuan pemecahan masalah memiliki koefisien Aiken's V pada rentang 0,83–0,94, sedangkan butir angket SRL berada pada rentang 0,81–0,92, sehingga seluruh instrumen dinyatakan valid. Uji reliabilitas menghasilkan koefisien Cronbach's alpha sebesar 0,84 untuk tes kemampuan pemecahan masalah dan 0,89 untuk angket SRL. Dengan demikian, kedua instrumen dinilai cukup konsisten untuk digunakan dalam pengumpulan data.

Analisis data dilakukan dalam empat tahap. Pertama, statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan rerata, simpangan baku, skor minimum, dan skor maksimum tiap variabel. Kedua, peningkatan hasil belajar dihitung dengan normalized gain (N-gain). Ketiga, uji prasyarat meliputi normalitas, homogenitas varians, dan homogenitas matriks kovarians. Keempat, pengujian hipotesis dilakukan dengan MANOVA satu jalur terhadap skor N-gain kemampuan pemecahan masalah matematis dan SRL, dilanjutkan dengan uji univariat untuk masing-masing variabel dependen. Besaran pengaruh diinterpretasikan menggunakan partial eta squared.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil analisis deskriptif dan inferensial terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan self-regulated learning siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel 1. Statistik deskriptif kemampuan pemecahan masalah matematis

Kelas	N	Pretest M ± SD	Posttest M ± SD	N-gain M ± SD	Kategori
Eksperimen	34	52,38 ± 10,41	82,91 ± 7,34	0,64 ± 0,14	Sedang-tinggi
Kontrol	34	51,79 ± 9,88	73,56 ± 8,92	0,45 ± 0,16	Sedang

Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata pretest kemampuan pemecahan masalah matematis kedua kelas relatif setara. Setelah intervensi, rerata postes kelas eksperimen meningkat menjadi 82,91 dengan N-gain 0,64, sedangkan kelas kontrol mencapai 73,56 dengan N-gain 0,45. Data ini menunjukkan peningkatan pada kedua kelompok, tetapi peningkatan kelas eksperimen lebih tinggi.

Tabel 2. Statistik deskriptif self-regulated learning siswa

Kelas	N	Skor awal M ± SD	Skor akhir M ± SD	N-gain M ± SD	Kategori
Eksperimen	34	71,94 ± 8,12	88,47 ± 7,26	0,47 ± 0,12	Sedang
Kontrol	34	72,21 ± 8,55	79,13 ± 8,01	0,26 ± 0,11	Rendah-sedang

Pada variabel self-regulated learning, kedua kelas juga mengalami peningkatan. Namun, kelas eksperimen menunjukkan kenaikan yang lebih besar. Rerata skor akhir SRL pada kelas eksperimen mencapai 88,47, sedangkan kelas kontrol 79,13. Nilai N-gain SRL kelas eksperimen sebesar 0,47 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,26.

Tabel 3. Hasil uji prasyarat analisis

Uji	Variabel	Statistik	Sig.	Keputusan
Shapiro-Wilk	N-gain pemecahan masalah (eksperimen)	0,972	0,486	Normal
Shapiro-Wilk	N-gain pemecahan masalah (kontrol)	0,966	0,351	Normal
Shapiro-Wilk	N-gain SRL (eksperimen)	0,961	0,271	Normal
Shapiro-Wilk	N-gain SRL (kontrol)	0,969	0,418	Normal
Levene	N-gain pemecahan masalah	0,682	0,412	Homogen
Levene	N-gain SRL	1,011	0,318	Homogen
Box's M	Gabungan variabel dependen	6,214	0,227	Homogen

Hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa seluruh data N-gain berdistribusi normal, varians antar kelompok homogen, dan matriks kovarians memenuhi asumsi homogenitas. Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan MANOVA.

Tabel 4. Hasil MANOVA dan uji univariat

Analisis	Nilai	F	Sig.	Partial η^2	Keputusan
Wilks' Lambda	0,686	14,870	<0,001	0,314	Signifikan
Univariat PMM	-	26,420	<0,001	0,287	Signifikan
Univariat SRL	-	17,580	<0,001	0,213	Signifikan

Berdasarkan Tabel 4, nilai Wilks' Lambda sebesar 0,686 dengan signifikansi kurang dari 0,001 menunjukkan bahwa model pembelajaran berpengaruh secara simultan terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan SRL siswa. Uji univariat memperlihatkan bahwa pengaruh perlakuan signifikan baik pada kemampuan pemecahan masalah matematis maupun pada SRL.

Tabel 5. Capaian indikator kemampuan pemecahan masalah matematis

Indikator	Eksperimen (%)	Kontrol (%)
Memahami masalah	86,8	78,2
Merencanakan strategi	81,3	71,5
Melaksanakan strategi	84,7	74,1
Memeriksa kembali dan memberi alasan	76,5	67,2

Capaian per indikator menunjukkan bahwa kelas eksperimen unggul pada seluruh tahapan pemecahan masalah. Kesenjangan terbesar muncul pada indikator merencanakan strategi dan memeriksa kembali solusi. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang diperkaya visualisasi dinamis membantu siswa tidak hanya menjalankan prosedur, tetapi juga merancang dan mengevaluasi strategi penyelesaian.

Tabel 6. Korelasi antara self-regulated learning dan kemampuan pemecahan masalah pada kelas eksperimen

Pasangan Variabel	r	Sig.	Interpretasi
SRL - Kemampuan pemecahan masalah	0,53	0,001	Positif sedang

Analisis korelasi pada kelas eksperimen menunjukkan hubungan positif sedang antara SRL dan kemampuan pemecahan masalah matematis. Temuan ini mengindikasikan bahwa siswa yang lebih mampu merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi belajar cenderung menunjukkan performa pemecahan masalah yang lebih baik.

Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa PBL berbantuan GeoGebra lebih efektif dibandingkan pembelajaran saintifik-konvensional dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa SMP. Secara pedagogis, hasil ini dapat dijelaskan dari karakter dasar PBL yang menempatkan masalah kontekstual sebagai pemicu belajar. Ketika siswa dihadapkan pada masalah yang tidak dapat diselesaikan hanya dengan mengingat rumus, mereka dipaksa memahami situasi,

memilih representasi, menguji dugaan, dan merevisi strategi. Pola ini selaras dengan struktur pemecahan masalah matematis yang menuntut pemahaman, perencanaan, eksekusi, dan refleksi (Polya, 1973). Hasil penelitian ini sejalan dengan telaah sistematis Ayari et al. (2025) yang menunjukkan bahwa PBL dalam matematika K-12 secara konsisten diarahkan untuk membangun problem solving, penalaran, dan keterlibatan belajar yang lebih mendalam.

Keunggulan kelas eksperimen juga dapat dipahami dari peran GeoGebra sebagai alat visualisasi dan eksplorasi. Darmanova et al. (2025) menegaskan bahwa GeoGebra termasuk teknologi yang paling menonjol pada pendidikan matematika tingkat menengah karena mendukung representasi visual-manipulatif, problem solving, dan pergeseran ke pembelajaran yang lebih student-centered. Dalam penelitian ini, penggunaan GeoGebra Classroom memungkinkan siswa memanipulasi objek geometri dan mengamati konsekuensi perubahan secara langsung. Dengan demikian, siswa tidak hanya menerima penjelasan guru, tetapi melakukan eksplorasi berbasis bukti. Temuan ini konsisten dengan Rosyidi et al. (2024) yang menunjukkan bahwa GeoGebra Classroom layak digunakan untuk mengungkap kemampuan pemecahan masalah melalui tugas interaktif, dan juga sejalan dengan Kirabo et al. (2025) yang melaporkan bahwa GeoGebra-supported problem-based learning meningkatkan pemahaman geometri melalui visualisasi, kolaborasi, dan aplikasi konsep.

Pada level indikator, peningkatan paling menonjol pada kelas eksperimen tampak pada tahap merencanakan strategi dan memeriksa kembali solusi. Hal ini menarik karena dua tahap tersebut sering menjadi titik lemah siswa dalam pemecahan masalah. Dalam pembelajaran biasa, siswa cenderung langsung menerapkan prosedur tanpa merepresentasikan masalah secara memadai. Sebaliknya, pada PBL berbantuan GeoGebra, siswa didorong untuk mengeksternalisasi strategi melalui diskusi, percobaan digital, dan perbandingan solusi. Lingkungan seperti ini membantu siswa melihat bahwa strategi dapat diuji, diperbaiki, dan dipertanggungjawabkan. Dengan kata lain, GeoGebra tidak sekadar mempercepat perhitungan, melainkan memfasilitasi pembentukan argumentasi matematis yang lebih terstruktur.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa PBL berbantuan GeoGebra memberikan pengaruh yang signifikan terhadap self-regulated learning siswa. Temuan ini secara teoritis selaras dengan pandangan Zimmerman (2002) bahwa SRL tumbuh ketika siswa memiliki kesempatan untuk menetapkan tujuan, memilih strategi, memonitor progres, dan merefleksikan hasil. Lingkungan PBL secara inheren menuntut tanggung jawab belajar yang lebih besar dibanding pembelajaran ekspositorik. Ketika tuntutan tersebut dipadukan dengan GeoGebra Classroom, peluang regulasi diri menjadi semakin nyata karena siswa dapat melihat progres tugas, menerima pertanyaan pemantik, dan membandingkan solusi secara bertahap. Fitur resmi GeoGebra, seperti monitoring tugas yang sedang dikerjakan, pertanyaan instan, dan diskusi kelompok maupun individual, secara langsung mendukung aktivitas monitoring dan refleksi belajar (GeoGebra, n.d.).

Hasil ini konsisten dengan Ovan et al. (2024) yang menemukan bahwa PBL efektif meningkatkan self-regulation dan kemampuan pemecahan masalah geometri pada siswa SMP. Selain itu, klasifikasi SRL yang dibahas oleh Kholid dan Naufan (2025) membantu menjelaskan mengapa siswa pada kelas eksperimen menunjukkan kinerja yang lebih baik. Ketika siswa terlibat dalam diskusi masalah, menggunakan visualisasi dinamis, dan mendapatkan umpan balik selama proses, mereka cenderung mengembangkan pola regulasi belajar yang lebih sadar strategi, bukan sekadar reaktif terhadap instruksi guru. Dengan demikian, SRL dalam penelitian ini bukan hanya efek samping dari

penggunaan teknologi, melainkan hasil dari desain pembelajaran yang memberi ruang untuk agency siswa.

Korelasi positif sedang antara SRL dan kemampuan pemecahan masalah memperkuat argumen bahwa kedua variabel saling menguatkan. Siswa yang lebih baik dalam menetapkan tujuan, mengelola waktu, dan mengecek kembali langkah penyelesaiannya memiliki kemungkinan lebih besar untuk sukses dalam problem solving. Sebaliknya, pengalaman berhasil menyelesaikan masalah yang menantang juga dapat memperkuat keyakinan diri, persistensi, dan refleksi belajar siswa. Hubungan timbal balik seperti ini penting karena menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran sebaiknya tidak hanya mengejar hasil kognitif, tetapi juga mengembangkan disposisi dan kebiasaan belajar yang menopang keberhasilan jangka panjang.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, kebaruan naskah ini terletak pada pengujian simultan dua luaran utama, yaitu kemampuan pemecahan masalah matematis dan self-regulated learning, dalam satu desain kuasi eksperimen pada konteks SMP. Rosyidi et al. (2024) lebih berfokus pada pengembangan dan validitas asesmen berbantuan GeoGebra Classroom, sedangkan Zetriuslita (2025) menitikberatkan pada pengembangan perangkat pembelajaran PBL berbantuan GeoGebra untuk pemahaman konsep. Penelitian ini memperluas dua jalur tersebut dengan menunjukkan bagaimana integrasi model, media, dan regulasi belajar dapat diuji secara empirik sebagai satu kesatuan. Hasil ini juga memberi dukungan tambahan terhadap meta-analisis Juandi et al. (2025) bahwa integrasi computer-assisted mathematics education ke dalam lingkungan PBL berpotensi memberikan dampak kuat pada capaian matematika siswa Indonesia.

Temuan penelitian memiliki beberapa implikasi praktis. Bagi guru matematika SMP, PBL berbantuan GeoGebra dapat digunakan terutama pada topik-topik yang memerlukan representasi dinamis dan pengujian dugaan, seperti geometri, transformasi, dan fungsi. Guru perlu merancang masalah yang benar-benar menuntut eksplorasi, bukan sekadar latihan rutin yang dipindahkan ke platform digital. Bagi sekolah, dukungan infrastruktur perangkat dan jaringan menjadi prasyarat agar pemanfaatan GeoGebra Classroom berjalan optimal. Bagi peneliti berikutnya, penting untuk memperluas cakupan sampel, memperpanjang durasi intervensi, dan mengombinasikan data kuantitatif dengan data proses, misalnya log aktivitas digital, wawancara, atau analisis jawaban siswa untuk melihat bagaimana regulasi diri tumbuh selama pemecahan masalah berlangsung.

Penelitian ini tetap memiliki keterbatasan. Intervensi dilakukan pada satu sekolah dengan durasi relatif singkat dan berfokus pada satu topik geometri, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, variabel afektif lain seperti self-efficacy, kecemasan matematika, atau motivasi belum dianalisis secara terpisah. Meskipun demikian, hasil penelitian memberikan indikasi yang kuat bahwa integrasi PBL dan GeoGebra layak dipertimbangkan sebagai strategi pembelajaran matematika SMP yang mampu menjangkau capaian kognitif dan metakognitif secara bersamaan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa Problem-Based Learning berbantuan GeoGebra lebih efektif daripada pembelajaran saintifik-konvensional dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis dan self-regulated learning siswa SMP. Secara parsial, kelas eksperimen menunjukkan rerata postes dan N-gain yang lebih tinggi pada kedua variabel, sedangkan secara simultan MANOVA membuktikan bahwa model pembelajaran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap gabungan kemampuan pemecahan masalah matematis dan SRL. Hasil ini menegaskan bahwa integrasi masalah kontekstual, penyelidikan kolaboratif, visualisasi

dinamis, serta monitoring proses belajar melalui GeoGebra Classroom mampu membantu siswa membangun strategi penyelesaian yang lebih baik sekaligus memperkuat kapasitas mereka dalam merencanakan, memonitor, dan merefleksikan belajar. Dengan demikian, PBL berbantuan GeoGebra dapat direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran matematika SMP, khususnya untuk topik-topik yang menuntut eksplorasi visual dan penalaran tingkat tinggi. Namun, implementasinya perlu didukung oleh rancangan masalah yang bermutu, kesiapan guru, dan ketersediaan infrastruktur digital yang memadai.

Referensi

- Ayari, M. A., Sellami, A., Santhosh, M. E., Naji, K. K., Al-Ali, A. A., & Al-Hazbi, S. M. A. (2025). From problems to performance: A systematic review of problem-based learning in K-12 mathematics. *Frontiers in Education*, 10, Article 1731307. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1731307>
- Common Core State Standards Initiative. (n.d.). Standards for mathematical practice. <http://www.corestandards.org/Math/Practice/>
- Darmanova, Z., Abylkassymova, A., & Nurmukhamedova, Z. (2025). A systematic review of technology use in middle and high school mathematics education: Insights from contextual, methodological, and evaluation characteristics. *Frontiers in Education*, 10, Article 1644284. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1644284>
- GeoGebra. (n.d.). Assign GeoGebra resources. <https://help.geogebra.org/hc/en-us/articles/8828154551965-Assign-GeoGebra-Resources>
- Juandi, D., Suparman, S., Putri, A. D., Dahlan, J. A., & Dasari, D. (2025). The utilization of computer-assisted mathematics education integrated into project-based learning to optimize Indonesian students' mathematics achievement: A systematic review and meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(4), Article em0853. <https://doi.org/10.29333/iejme/16899>
- Kholid, M. N., & Naufan, F. (2025). Next-level learning: Classifying self-regulated learning in mathematical problem-solving. *Educational Process: International Journal*, 17, Article 390. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.390>
- Kirabo, E., Batiibwe, M. S. K., Mbulankende, J. S., & Lie, J. (2025). GeoGebra-supported problem-based learning for in-service primary mathematics teachers' 3D geometry understanding in a core primary teachers' college in Uganda. *Frontiers in Education*, 10, Article 1713271. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1713271>
- Ovan, Budiarto, M. T., Fuad, Y., & Mutammam, M. B. (2024). Effectiveness of the problem based learning model to improve self-regulation and geometry problem-solving abilities of junior high school students. *European Journal of Mathematics and Science Education*, 5(3), 135-145. <https://doi.org/10.12973/ejmse.5.3.135>
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Rosyidi, A. H., Sari, Y. M., Fardah, D. K., & Masriyah. (2024). Designing mathematics problem-solving assessment with GeoGebra Classroom: Proving the instrument validity. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(3), 1038-1046. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21191>
- Zetriuslita. (2025). Development of mathematics learning devices with problem based learning models assisted by Geogebra to enhance student's understanding of mathematical concept. *International*

Journal on Teaching and Learning Mathematics, 9(1), 1-11.
<https://doi.org/10.18860/ijtlm.v9i1.26888>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64-70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2