

SAKALIMA

PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN

VOL 3. NO. 3 (2026)

ISSN: 3064-2361

Pengaruh Penerapan *Software Photomath* dan *Symbolab* Terhadap Hasil Belajar Matematika pada Murid Kelas X dan XI MAN 11 Jakarta

Indra Cahya Firdaus✉ dan Umi Muflikhah✉

To cite this article I. Cahya and U. Muflikhah, “Pengaruh Penerapan Software Photomath dan Symbolab Terhadap Hasil Belajar Matematika pada Murid Kelas X dan XI MAN 11 Jakarta,” *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 312–326, 2026, doi: <https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i3.720>.

To link to this article:



Published online: Sept. 8, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://journal.wiseedu.co.id/index.php/sakalima/about>



Pengaruh Penerapan *Software Photomath* dan *Symbolab* Terhadap Hasil Belajar Matematika pada Murid Kelas X dan XI MAN 11 Jakarta

Indra Cahya Firdaus dan Umi Muflikhah

Received: 30 Juni 2026

Revised: 16 Juli 2026

Accepted: 25 Agustus 2026

Online: 8 September 2026

Abstrack

Digital mathematics applications can provide step by step feedback that may support students' problem solving, yet comparative evidence regarding applications with similar functions remains limited. This study examined changes in mathematics learning outcomes after the use of Photomath and Symbolab and compared the outcomes of students using the two applications. A quantitative quasi-experimental two-group pretest-posttest design was implemented with 80 Grade X and XI students at MAN 11 Jakarta, with 40 students in each application group. Mathematics achievement tests were administered before and after the intervention, and the data were analyzed using descriptive statistics, normality testing, the Wilcoxon signed-rank test, the Mann-Whitney U test, and N-Gain analysis. The Photomath group increased from a mean pretest score of 74.75 to 86.00, whereas the Symbolab group increased from 81.00 to 86.88. Within-group improvements were statistically significant for Photomath ($Z = -3.931$, $p < .001$) and Symbolab ($Z = -2.655$, $p = .008$). However, the posttest difference between groups was not significant ($U = 785.00$, $Z = -0.147$, $p = .883$). Mean N-Gain values were 48.70% for Photomath and 31.74% for Symbolab, indicating greater descriptive improvement in the Photomath group but limited overall effectiveness. These findings imply that both applications can be used as supplementary mathematics-learning tools when accompanied by teacher guidance that emphasizes conceptual reasoning rather than answer retrieval.

Keywords: Digital Mathematics Tools; Learning Outcomes; Photomath; Quasi-Experimental Design; Symbolab

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



PENDAHULUAN

Matematika pada jenjang sekolah menengah tidak hanya berfungsi sebagai kumpulan prosedur komputasi, tetapi juga sebagai wahana untuk mengembangkan penalaran, representasi, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Dalam konteks transformasi digital, kualitas pembelajaran matematika semakin dipengaruhi oleh kemampuan sekolah dan guru mengintegrasikan teknologi secara pedagogis, bukan sekadar menyediakan perangkat. Bukti meta-analitik menunjukkan bahwa teknologi dapat meningkatkan capaian matematika ketika digunakan untuk memperkuat aktivitas kognitif, memberikan representasi yang bermakna, dan melengkapi pengajaran guru; sebaliknya, manfaatnya cenderung lebih kecil ketika teknologi hanya menggantikan latihan rutin tanpa desain pedagogis yang jelas [1], [2], [3]. Temuan PISA 2022 juga memperlihatkan bahwa penggunaan perangkat digital untuk belajar berhubungan positif dengan performa matematika pada tingkat penggunaan yang moderat, sedangkan penggunaan berlebihan dan distraksi digital berkaitan dengan capaian yang lebih rendah [1], [2], [4].

Kondisi tersebut relevan dengan pembelajaran matematika di MAN 11 Jakarta. Data awal penelitian menunjukkan rata-rata hasil belajar sebesar 74,00; sebanyak 4 murid (11%) berada pada kategori sangat baik, 4 murid (11%) pada kategori baik, 27 murid (75%) pada kategori cukup, dan 1 murid (3%) pada kategori kurang. Distribusi ini menunjukkan bahwa sebagian besar murid masih berada pada kategori cukup sehingga diperlukan strategi pendukung yang dapat membantu mereka memahami konsep dan prosedur penyelesaian secara lebih terstruktur. Literatur menunjukkan bahwa efektivitas teknologi matematika tidak bersifat seragam, karena dipengaruhi oleh jenis perangkat, fungsi didaktis, jenjang pendidikan, topik matematika, durasi penggunaan, dan keterlibatan guru dalam memberi scaffolding [1], [5], [6]. Dengan demikian, pemilihan aplikasi perlu didasarkan pada bukti tentang bagaimana fitur aplikasi berinteraksi dengan kebutuhan belajar murid, bukan semata-mata pada popularitas atau kemudahan memperoleh jawaban [6], [7], [8].

Salah satu kelompok teknologi yang semakin banyak digunakan adalah aplikasi pemecah masalah matematika berbasis perangkat seluler. Kajian sistematis mengenai mobile mathematics applications menunjukkan bahwa aplikasi dapat memperluas akses belajar, menyediakan umpan balik segera, mendukung visualisasi, dan membantu murid menelusuri prosedur penyelesaian, tetapi kualitas manfaatnya tetap bergantung pada tujuan penggunaan dan desain aktivitas belajar [7], [8], [9]. Penelitian meta-analitik di Indonesia juga menemukan pengaruh positif teknologi digital terhadap prestasi matematika sekolah menengah, namun besarnya pengaruh bervariasi menurut jenjang dan materi; efek pada siswa sekolah menengah atas dilaporkan lebih rendah daripada pada sekolah menengah pertama [6], [10], [11]. Variasi tersebut menegaskan bahwa klaim “teknologi meningkatkan hasil belajar” perlu diuji secara kontekstual terhadap aplikasi, karakteristik peserta didik, dan desain pembelajaran tertentu [1], [2], [5].

Photomath merupakan aplikasi yang mengenali ekspresi matematika dan menampilkan langkah penyelesaian secara bertahap. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Photomath dapat membantu murid mengikuti prosedur aljabar, meningkatkan kesiapan dan motivasi belajar, serta menyediakan dukungan mandiri ketika digunakan sebagai pendamping pembelajaran [12], [13], [14]. Studi lain melaporkan peningkatan kemampuan pemecahan masalah atau penalaran matematis ketika Photomath diintegrasikan dengan pendekatan

pembelajaran yang menuntut keterlibatan aktif, seperti contextual learning atau problem-based learning [15], [16], [17]. Namun, penelitian juga mengingatkan bahwa akses cepat terhadap solusi dapat mendorong penyalinan jawaban jika guru tidak mengarahkan murid untuk memeriksa alasan di balik setiap langkah [14], [18], [19]. Oleh sebab itu, Photomath sebaiknya diposisikan sebagai alat scaffolding yang mendukung proses berpikir, bukan sebagai substitusi aktivitas penalaran matematis [13], [14], [15].

Symbolab memiliki fungsi yang serupa karena menyediakan penyelesaian langkah demi langkah untuk aljabar, kalkulus, trigonometri, statistika, dan topik lainnya. Penggunaan Symbolab telah dilaporkan membantu pemahaman konsep, pemecahan masalah, penalaran, dan komunikasi matematis dalam berbagai konteks pembelajaran [20], [21], [22], [23], [24], [25]. Karakteristik Symbolab yang menawarkan cakupan fitur dan bentuk representasi yang relatif luas dapat mendukung eksplorasi strategi penyelesaian, tetapi sekaligus menuntut kemampuan awal dan literasi digital yang memadai agar murid dapat memilih serta menafsirkan prosedur yang ditampilkan [20], [24], [25]. Studi tentang aplikasi matematika sebagai alat asesmen formatif juga menunjukkan bahwa manfaat Photomath dan Symbolab muncul ketika umpan balik aplikasi digunakan untuk memeriksa proses, mendiskusikan kesalahan, dan membangun penjelasan, bukan hanya untuk memvalidasi jawaban akhir [9], [18], [20].

Secara teoretis, penggunaan aplikasi langkah demi langkah dapat dijelaskan melalui perspektif belajar kognitif dan scaffolding. Pembelajaran yang bermakna terjadi ketika murid memperoleh informasi, mentransformasikannya ke dalam struktur pengetahuan yang telah dimiliki, dan mengevaluasi ketepatan hasil pemikirannya; aplikasi digital dapat membantu ketiga proses tersebut melalui representasi, umpan balik, dan contoh prosedural, tetapi tetap membutuhkan aktivitas elaborasi dari murid [1], [9], [26]. Literatur tentang intelligent tutoring systems dan artificial intelligence dalam pendidikan matematika juga menekankan pentingnya umpan balik adaptif, dukungan guru, dan tugas yang mendorong penjelasan agar teknologi tidak mengurangi proses berpikir mandiri [9], [27], [28], [29]. Dengan demikian, kualitas integrasi pedagogis menjadi mekanisme penting yang menjembatani fitur aplikasi dengan hasil belajar [1], [2], [29].

Meskipun bukti mengenai manfaat aplikasi matematika terus bertambah, sebagian besar penelitian Photomath atau Symbolab masih menguji satu aplikasi secara terpisah, menggunakan satu kelompok, membandingkan aplikasi dengan pembelajaran konvensional, atau berfokus pada kemampuan spesifik seperti pemecahan masalah, penalaran, dan komunikasi [13], [14], [15], [16], [21], [22], [23], [24], [25]. Kajian yang mempertemukan dua aplikasi dengan fungsi sejenis dalam satu konteks pembelajaran yang sama masih relatif terbatas, terutama pada Madrasah Aliyah dan pada pengukuran hasil belajar menggunakan desain pretest-posttest dua kelompok [18], [19], [20]. Selain itu, sintesis literatur mutakhir menegaskan perlunya penelitian komparatif yang menilai bukan hanya apakah teknologi “bekerja”, tetapi juga bagaimana perbedaan antarmuka, keluasan fitur, dan pola pemberian langkah solusi berkaitan dengan capaian belajar [5], [6], [7], [8].

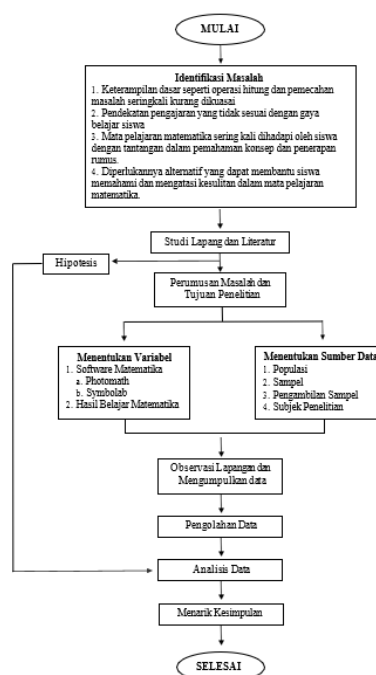
Berdasarkan kesenjangan tersebut, novelty penelitian ini terletak pada perbandingan langsung Photomath dan Symbolab sebagai dua aplikasi pemecah masalah matematika yang sama-sama memberikan solusi bertahap, tetapi memiliki karakteristik interaksi dan penyajian yang berbeda, dalam satu studi kuasi-eksperimental pada konteks Madrasah Aliyah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan hasil belajar matematika sebelum dan sesudah

penggunaan Photomath dan Symbolab, membandingkan hasil belajar antara kedua kelompok, serta mengevaluasi besarnya peningkatan melalui N-Gain. Hasil penelitian diharapkan memberikan bukti empiris yang lebih spesifik bagi guru dalam menentukan bagaimana aplikasi pemecah masalah matematika dapat digunakan sebagai media pendukung secara terarah, sekaligus memperkaya literatur mengenai integrasi teknologi digital dalam pembelajaran matematika sekolah menengah [1], [4], [6].

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental *two-group pretest-posttest*. Dua kelompok pembanding menerima perlakuan aktif yang berbeda: kelompok Photomath dan kelompok Symbolab. Desain ini dipilih untuk mengukur perubahan hasil belajar dalam setiap kelompok sekaligus membandingkan hasil setelah perlakuan. Karena kelompok berasal dari kelas yang telah terbentuk dan tidak dilakukan randomisasi individual, penelitian dikategorikan sebagai kuasi-eksperimen. Secara prosedural, kedua kelompok mengikuti pretest, pembelajaran dengan aplikasi yang ditetapkan, dan posttest dengan indikator kompetensi yang sebanding.



Gambar 1. Desain Penelitian

Alur penelitian asli tetap disajikan pada Gambar 1 sebagai rangkaian identifikasi masalah, kajian literatur, penentuan sampel dan variabel, pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan [30].

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian terdiri atas seluruh murid kelas X dan XI MAN 11 Jakarta tahun pelajaran 2025/2026 sebanyak 410 murid. Ukuran sampel ditetapkan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%, sehingga diperoleh kebutuhan minimum sekitar 80 murid. Berdasarkan proses pemilihan kelas yang dilaporkan dalam naskah asli, dua kelas terpilih digunakan sebagai

kelompok pembandingan, masing-masing 40 murid: kelas X menggunakan Photomath dan kelas XI menggunakan Symbolab. Pemilihan berbasis kelas dipertahankan untuk menjaga kondisi pembelajaran natural di sekolah. Karena jenjang kelas berbeda berimpit dengan jenis aplikasi, kemungkinan confounding antara tingkat kelas dan perlakuan dipertimbangkan secara eksplisit dalam interpretasi hasil dan dicantumkan sebagai keterbatasan penelitian.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di MAN 11 Jakarta, Jakarta Selatan, pada Januari–Mei 2026. Tahap pelaksanaan meliputi persiapan dan penyusunan instrumen, pretest, penerapan pembelajaran berbantuan Photomath pada satu kelompok dan Symbolab pada kelompok lainnya, posttest, serta pengolahan data. Pada kedua kelompok, aplikasi digunakan sebagai media pendukung untuk menelusuri langkah penyelesaian soal matematika. Guru tetap berperan mengarahkan murid agar memeriksa prosedur, menghubungkan langkah dengan konsep, dan tidak hanya mengambil jawaban akhir. Dengan demikian, perlakuan dimaksudkan sebagai integrasi aplikasi ke dalam proses belajar, bukan sebagai pengganti pembelajaran guru.

Instrumen dan Pengumpulan Data

Data utama dikumpulkan menggunakan tes hasil belajar matematika dalam bentuk pretest dan posttest serta didukung oleh observasi proses pembelajaran sebagaimana tercantum pada naskah awal. Tes disusun untuk mengukur kemampuan kognitif terkait pemahaman konsep, penerapan prosedur, analisis informasi, dan penentuan strategi penyelesaian. Pretest diberikan sebelum perlakuan untuk memetakan kemampuan awal, sedangkan posttest diberikan setelah rangkaian pembelajaran untuk mengukur capaian setelah penggunaan aplikasi. Indikator dan tingkat kesulitan kedua tes disusun agar sebanding. Naskah sumber tidak melaporkan koefisien validitas butir, reliabilitas, maupun contoh kisi-kisi secara rinci; karena itu, aspek tersebut tidak ditambahkan secara spekulatif dan perlu dilengkapi pada versi akhir apabila data validasi tersedia.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Pertama, statistik deskriptif digunakan untuk merangkum jumlah sampel, nilai minimum, maksimum, rerata, dan simpangan baku pretest serta posttest. Kedua, distribusi data diperiksa menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Karena beberapa distribusi tidak memenuhi asumsi normalitas, perubahan pretest-posttest pada masing-masing kelompok dianalisis menggunakan Wilcoxon signed-rank test, sedangkan perbandingan posttest antara kelompok Photomath dan Symbolab dianalisis menggunakan Mann-Whitney U test. Homogenitas varians posttest dilaporkan menggunakan Levene test sebagai informasi tambahan. Besarnya peningkatan relatif dihitung dengan N-Gain, yaitu rasio selisih skor posttest dan pretest terhadap peluang peningkatan maksimum; interpretasi efektivitas mengikuti kategori yang digunakan dalam naskah asli [31]. Keputusan statistik didasarkan pada $p < 0,05$, dan interpretasi hasil memisahkan signifikansi statistik dari besar peningkatan deskriptif.

Pertimbangan Validasi Internal

Upaya meningkatkan kehati-hatian interpretasi, hasil dianalisis dengan mempertimbangkan perbedaan skor awal antarkelompok, penggunaan kelas yang telah terbentuk, dan tidak adanya kelompok tanpa aplikasi. Oleh karena itu, istilah “pengaruh” pada penelitian ini diinterpretasikan sebagai perubahan yang terobservasi setelah perlakuan dalam konteks desain kuasi-eksperimental, bukan sebagai bukti kausal absolut. Perbandingan langsung antaraplikasi juga dibatasi oleh fakta bahwa kelompok Photomath berasal dari kelas X dan kelompok Symbolab dari kelas XI. Pertimbangan ini penting agar kesimpulan tetap proporsional terhadap kekuatan desain penelitian [30].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan perubahan skor sebelum dan sesudah penggunaan kedua aplikasi. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, masing-masingkelompok terdiri atas 40 murid. Rerata kelompok Photomath meningkat dari 74,75 (SD = 16,09) pada pretest menjadi 86,00 (SD = 15,11) pada posttest, atau naik 11,25 poin. Kelompok Symbolab meningkat dari 81,00 (SD = 15,41) menjadi 86,88 (SD = 13,85), atau naik sekitar 5,88 poin. Dengan demikian, kedua kelompok menunjukkan peningkatan secara deskriptif, dengan kenaikan rerata yang lebih besar pada kelompok Photomath. Namun, karena skor awal kedua kelompok tidak identik, perbedaan kenaikan deskriptif tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai keunggulan kausal salah satu aplikasi.

Tabel 1. Nilai Statistik Deskriptif pada Hasil Belajar Murid

	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
<i>Pre-Test</i> Photomath	40	40.00	100.00	74.7500	16.09069
<i>Post-Test</i> Photomath	40	35.00	100.00	86.0000	15.11494
<i>Pre-Test</i> Symbolab	40	40.00	100.00	81.0000	15.40896
<i>Post-Test</i> Symbolab	40	45.00	100.00	86.8750	13.85305
<i>Valid N (listwise)</i>	40				

Berdasarkan *output* tabel di atas, data hasil belajar matematika dari 40 Murid terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok yang menggunakan *software Photomath* dan kelompok yang menggunakan *software Symbolab*. Kelompok Photomath memperoleh nilai rata-rata pretest sebesar 74,75 dan meningkat menjadi 86 pada *posttest*, sehingga mengalami peningkatan sebesar 11,25 poin. Sementara itu, kelompok *Symbolab* memperoleh nilai rata-rata pretest sebesar 81 dan meningkat menjadi 86,87 pada *posttest*, dengan peningkatan sebesar 5,87 poin. Dengan demikian, berdasarkan nilai rata-rata deskriptif, kedua kelompok mengalami peningkatan hasil belajar setelah perlakuan, dengan peningkatan rata-rata yang lebih besar pada kelompok *Photomath* dibandingkan kelompok *Symbolab*.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan teknik inferensial yang sesuai. Tabel 2 menunjukkan hasil Kolmogorov-Smirnov dan *Shapiro-Wilk*. Berdasarkan *Shapiro-Wilk*, hanya pretest Photomath yang tidak menunjukkan penyimpangan signifikan dari normalitas ($p = .119$),

sedangkan posttest Photomath ($p < .001$), pretest Symbolab ($p = .002$), dan posttest Symbolab ($p < .001$) tidak berdistribusi normal. Hasil Kolmogorov-Smirnov juga menunjukkan $p < .05$ untuk seluruh set data. Karena sebagian besar distribusi tidak memenuhi asumsi normalitas, pengujian perubahan dalam kelompok dan perbedaan antarkelompok dilanjutkan dengan statistik nonparametrik.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil Belajar Murid	Pre-Test Photomath	.153	40	.019	.956	40	.119
	Post-Test Photomath	.179	40	.002	.842	40	.000
	Pre-Test Symbolab	.202	40	.000	.903	40	.002
	Post-Test Symbolab	.214	40	.000	.846	40	.000

Berdasarkan hasil uji normalitas pada tabel di atas, data pre-test Photomath berdistribusi normal karena nilai signifikansi (Sig.) pada uji *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk* lebih besar dari 0,05. Sementara itu, data *post-test Photomath*, *pre-test Symbolab*, dan *post-test Symbolab* tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi (Sig.) pada kedua uji tersebut lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian, sebagian data penelitian tidak memenuhi asumsi normalitas, sehingga analisis selanjutnya menggunakan uji statistik nonparametrik, yaitu uji Wilcoxon untuk membandingkan data berpasangan dan uji *Mann-Whitney* untuk membandingkan dua kelompok yang independen.

Uji Wilcoxon

Perubahan *pretest-posttest* pada setiap kelompok dianalisis dengan Wilcoxon signed-rank test. Berdasarkan Tabel 3, padakelompok Photomath terdapat 32 murid dengan skor posttest lebih tinggi, 7 murid dengan skor lebih rendah, dan 1 murid dengan skor tetap. Pada kelompok Symbolab terdapat 25 murid dengan skor lebih tinggi, 11 murid dengan skor lebih rendah, dan 4 murid dengan skor tetap. Pola ranking ini menunjukkan bahwa perbaikan skor lebih dominan daripada penurunan pada kedua kelompok, meskipun proporsinya lebih besar pada kelompok Photomath.

Tabel 3. Hasil Uji Non-Parametrik Wilcoxon

	N		Mean Rank	Sum of Ranks
Post-Test Photomath - Pre-Test Photomath	Negative Ranks	7a	15.64	109.50
	Positive Ranks	32 ^b	20.95	670.50
	Ties	1c		
	Total	40		
Post-Test Symbolab - Pre-Test Symbolab	Negative Ranks	11 ^d	15.05	165.50
	Positive Ranks	25 ^e	20.02	500.50
	Ties	4f		
	Total	40		

Statistik uji pada Tabel 4 mengonfirmasi bahwa perubahan dalam kedua kelompok signifikan. Kelompok Photomath menghasilkan $Z = -3,931$ dengan $p < .001$, sedangkan kelompok Symbolab menghasilkan $Z = -2,655$ dengan $p = .008$. Dengan taraf $\alpha = .05$, kedua nilai p berada di bawah batas signifikansi, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara

skor pretest dan posttest pada masing-masing kelompok. Temuan ini mengoreksi interpretasi pada naskah awal yang menyatakan $p = .008$ lebih besar dari $.05$; secara statistik, $.008 < .05$.

Dengan demikian, data menunjukkan peningkatan hasil belajar yang signifikan setelah penggunaan Photomath maupun Symbolab. Besarnya peningkatan deskriptif tetap berbeda: Photomath menunjukkan kenaikan rerata 11,25 poin, sedangkan Symbolab sekitar 5,88 poin. Perbedaan ini selanjutnya dievaluasi melalui perbandingan antarkelompok dan N-Gain, bukan hanya berdasarkan perubahan dalam kelompok.

Tabel 4. Hasil Statistik Wilcon

	Post-Test Photomath - Pre-Test Photomath	Post-Test Symbolab - Pre-Test Symbolab
Z	-3.931 ^b	-2.655 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.008

Hipotesis perubahan dalam kelompok diuji pada $\alpha = .05$. Karena $p < .001$ untuk Photomath dan $p = .008$ untuk Symbolab, hipotesis nol tidak didukung pada kedua kelompok; artinya, skor setelah pembelajaran berbeda secara signifikan dari skor sebelum pembelajaran untuk kedua aplikasi.

Interpretasi tersebut penting karena signifikansi Wilcoxon hanya menunjukkan adanya perubahan dalam masing-masing kelompok dan tidak membuktikan bahwa salah satu aplikasi lebih unggul daripada aplikasi lain. Untuk menilai perbedaan antarkelompok, analisis dilanjutkan dengan Mann-Whitney U pada skor *posttest*.

Uji Homogenitas

Homogenitas varians *posttest* dilaporkan melalui Levene test. Tabel 5 menunjukkan nilai signifikansi berdasarkan mean sebesar $.644$, yang lebih besar dari $.05$. Dengan demikian, varians *posttest* kedua kelompok dapat dipandang homogen. Walaupun demikian, karena distribusi data tidak normal, keputusan utama perbandingan antarkelompok tetap menggunakan Mann-Whitney U, bukan independent-samples t test.

Tabel 5. Hasil Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil Belajar Murid	<i>Based on Mean</i>	.215	1	78	.644
	<i>Based on Median</i>	.227	1	78	.635
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	.227	1	77.444	.635
	<i>Based on trimmed mean</i>	.241	1	78	.625

Nilai *Levene statistic* sebesar 0,215 dengan $p = .644$ menunjukkan tidak ada bukti perbedaan varians yang signifikan antara skor *posttest* Photomath dan Symbolab. Hasil ini mendukung kesetaraan keragaman skor, tetapi tidak menghilangkan perbedaan kemampuan awal dan perbedaan tingkat kelas sebagai potensi sumber bias.

Oleh karena itu, homogenitas varians diperlakukan sebagai informasi deskriptif mengenai sebaran skor, sedangkan kesimpulan perbandingan hasil belajar didasarkan pada pengujian nonparametrik yang konsisten dengan hasil uji normalitas.

Uji Mann Whitney

Perbandingan skor posttest antara kelompok Photomath dan Symbolab dilakukan menggunakan Mann-Whitney U. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6, diperoleh $U = 785,00$, $Z = -0,147$, dan $p = .883$. Nilai p yang jauh lebih besar dari $.05$ menunjukkan bahwa perbedaan skor posttest kedua kelompok tidak signifikan secara statistik.

Tabel 6. Hasil Uji Mann Whitney

Mann-Whitney U	785.000
Wilcoxon W	1605.000
Z	-.147
Asymp. Sig. (2-tailed)	.883

Hipotesis komparatif penelitian menyatakan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara kelompok Photomath dan Symbolab.

Dengan demikian, hipotesis yang menyatakan terdapat perbedaan signifikan hasil belajar posttest antara pengguna Photomath dan Symbolab tidak didukung. Temuan ini konsisten dengan rerata posttest yang sangat berdekatan, yaitu 86,00 pada Photomath dan 86,88 pada Symbolab.

Tidak ditemukannya perbedaan signifikan antarkelompok tidak berarti kedua aplikasi menghasilkan pola perubahan yang identik. Analisis deskriptif dan N-Gain tetap dapat digunakan untuk menggambarkan besar perubahan relatif, tetapi perbedaan tersebut harus dipahami sebagai kecenderungan deskriptif yang belum terbukti berbeda secara inferensial.

Uji Mann Whitney

N-Gain digunakan untuk menggambarkan peningkatan relatif dengan mempertimbangkan ruang peningkatan dari skor awal menuju skor maksimum. Hasil lengkap pada Tabel 7 menunjukkan rerata N-Gain sebesar 48,70% pada kelompok Photomath dan 31,74% pada kelompok Symbolab. Distribusi N-Gain memiliki rentang yang lebar dan mencakup nilai negatif, yang menunjukkan bahwa sebagian murid memperoleh skor posttest lebih rendah daripada *pretest*.

Tabel 7. Hasil Uji N-Gain Score pada Kelompok Photomath dan Symbolab

NGain_Percent	Photomath	Mean	48.6975	8.94379
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	30.5587
			Upper Bound	66.8363
		5% Trimmed Mean	55.1093	
		Median	60.0000	
		Variance	2959.680	
		Std. Deviation	54.40294	
		Minimum	-133.33	
		Maximum	100.00	
		Range	233.33	
		Interquartile Range	59.52	
		Skewness	-1.814	.388
		Kurtosis	3.636	.759

Symbolab	Mean	31.7357	13.50149
	95% Confidence Interval Lower Bound for Mean	4.3262	
	Upper Bound	59.1452	
	5% Trimmed Mean	42.6693	
	Median	50.0000	
	Variance	6562.448	
	Std. Deviation	81.00894	
	Minimum	-300.00	
	Maximum	100.00	
	Range	400.00	
	Interquartile Range	100.00	
	Skewness	-2.330	.393
	Kurtosis	7.428	.768

Dengan mengacu pada kategori efektivitas dirangkum pada Tabel 8, rerata N-Gain *Photomath* berada pada kategori “kurang efektif”, sedangkan *Symbolab* berada pada kategori “tidak efektif”. Kategori ini digunakan sebagai interpretasi deskriptif dan tidak menggantikan hasil uji inferensial.

Tabel 8. Kategori Tafsiran Efektivitas pada Uji N-Gain Score

Persentase (%)	Tafsiran
< 40	Tidak Efektif
40-55	Kurang Efektif
56 -75	Cukup Efektif
>76	Efektif

Secara keseluruhan, hasil menunjukkan tiga pola utama. Pertama, kedua kelompok mengalami peningkatan *pretest-posttest* yang signifikan. Kedua, skor *posttest Photomath* dan *Symbolab* tidak berbeda signifikan ($p = .883$). Ketiga, peningkatan relatif secara deskriptif lebih tinggi pada *Photomath* (48,70%) dibandingkan *Symbolab* (31,74%), tetapi kedua nilai tersebut belum mencapai kategori efektivitas yang tinggi. Temuan-temuan ini menjadi dasar pembahasan mengenai peran aplikasi sebagai media pendukung dan batas interpretasi komparatif penelitian.

Pembahasan

Temuan utama penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Photomath* maupun *Symbolab* diikuti oleh peningkatan hasil belajar yang signifikan dalam masing-masing kelompok. Peningkatan kelompok *Photomath* dari 74,75 menjadi 86,00 ($p < .001$) sejalan dengan penelitian Saundarajan et al. yang melaporkan manfaat *Photomath* untuk mendukung pembelajaran aljabar dan dengan studi Siahaan et al. yang menemukan peningkatan kemampuan kognitif serta kesiapan belajar setelah penggunaan *Photomath* [12], [13]. Hasil ini juga konsisten dengan Pikri et al. yang menunjukkan bahwa tahapan solusi *Photomath* dapat membantu murid mengikuti prosedur penyelesaian secara sistematis [14]. Kesamaan temuan tersebut mengindikasikan bahwa fitur step-by-step solution dapat berfungsi sebagai scaffolding prosedural ketika murid tetap diminta menelaah alasan di balik setiap langkah.

Peningkatan signifikan pada kelompok Symbolab (81,00 menjadi 86,88; $p = .008$) juga memperoleh dukungan dari studi sebelumnya. Arwadi et al. melaporkan bahwa pelatihan Symbolab membantu pemahaman konsep dan pemecahan masalah peserta didik [21], sedangkan Anggraini dan Sunaryantiningsih menemukan perbedaan capaian pembelajaran antara penggunaan Symbolab dan pembelajaran konvensional pada konteks pendidikan tinggi [22]. Temuan yang lebih baru mengenai *Learning Cycle 7E* dan visual thinking berbantuan Symbolab juga menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat mendukung penalaran dan komunikasi matematis apabila diintegrasikan dengan strategi pedagogis yang aktif [24], [25]. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak mendukung pandangan bahwa Symbolab tidak memberikan perubahan; justru uji Wilcoxon menunjukkan perubahan yang signifikan, meskipun besarnya peningkatan deskriptif lebih kecil daripada Photomath.

Hasil Mann-Whitney menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan pada skor posttest antara Photomath dan Symbolab ($U = 785,00$; $p = .883$). Temuan ini penting karena beberapa kajian aplikasi matematika cenderung menekankan keunggulan fitur tertentu, sedangkan data penelitian ini menunjukkan bahwa ketika kedua aplikasi sama-sama digunakan sebagai pendukung pembelajaran, capaian akhir dapat menjadi sangat berdekatan. Studi kasus Luzano et al. juga menunjukkan bahwa Photomath dan Symbolab dapat berfungsi sebagai alat asesmen formatif dengan kekuatan yang berbeda, tetapi keduanya tetap memerlukan interpretasi dan interaksi pedagogis [20]. Literatur sistematis tentang aplikasi matematika dan AI dalam pendidikan matematika menegaskan bahwa fungsi aplikasi, jenis tugas, kualitas umpan balik, dan peran guru sering kali lebih menentukan daripada nama aplikasi itu sendiri [7], [9], [27], [28], [29].

Secara deskriptif, N-Gain Photomath (48,70%) lebih tinggi daripada Symbolab (31,74%). Pola ini searah dengan penelitian Photomath yang melaporkan peningkatan hasil atau kemampuan pemecahan masalah setelah murid menggunakan fitur pemindaian dan langkah penyelesaian [13], [15], [16]. Salah satu penjelasan yang mungkin adalah friksi penggunaan yang lebih rendah: Photomath memungkinkan soal dipindai langsung sehingga murid lebih cepat memperoleh representasi prosedural, sementara Symbolab dapat menuntut input, navigasi fitur, dan pemilihan bentuk solusi yang lebih eksplisit. Namun, penjelasan tersebut harus diperlakukan sebagai interpretasi, bukan temuan mekanistik, karena penelitian ini tidak mengukur usability, beban kognitif, literasi digital, atau kualitas interaksi murid dengan aplikasi. Temuan Mustapa dan Masaniku bahwa Photomath efektif untuk solusi cepat tetapi lebih terbatas pada penjelasan konseptual turut menegaskan pentingnya membedakan kecepatan akses dari kedalaman belajar [18].

Hasil penelitian juga sejalan dengan temuan meta-analitik yang lebih luas. Hillmayr et al. menunjukkan bahwa teknologi digital secara umum dapat meningkatkan hasil belajar matematika dan sains sekolah menengah, tetapi efeknya bergantung pada jenis teknologi serta dukungan guru [1]. Rakes et al. menemukan bahwa dampak teknologi matematika cenderung kecil dan sensitif terhadap kualitas studi serta bentuk penggunaan teknologi [2]. Pada konteks Indonesia, Rahma dan Nurlaelah melaporkan efek positif teknologi digital terhadap prestasi matematika, tetapi efek pada sekolah menengah atas relatif lebih rendah daripada jenjang yang lebih rendah [6]. Ketiga temuan pembandingan tersebut membantu menjelaskan mengapa peningkatan dalam penelitian ini signifikan, tetapi N-Gain kedua kelompok masih berada pada

kategori terbatas: aplikasi digital bukan intervensi yang otomatis menghasilkan peningkatan tinggi tanpa desain instruksional yang kuat.

Novelty penelitian ini terletak pada pengujian langsung dua aplikasi pemecah masalah yang memiliki fungsi sejenis dalam satu studi pretest-posttest, bukan hanya membandingkan aplikasi dengan pembelajaran tanpa teknologi atau menguji satu aplikasi secara terpisah. Hasilnya memperlihatkan pola yang lebih bernuansa: kedua aplikasi berkaitan dengan peningkatan signifikan dalam kelompok, Photomath menunjukkan peningkatan relatif yang lebih tinggi, tetapi tidak terdapat perbedaan signifikan pada skor posttest antarkelompok. Dengan demikian, kebaruan konseptual penelitian ini bukan klaim bahwa satu aplikasi secara definitif lebih baik, melainkan bukti bahwa perbedaan karakteristik aplikasi dapat muncul pada besar peningkatan deskriptif tanpa selalu menghasilkan perbedaan capaian akhir yang signifikan. Pola ini memperkuat kebutuhan untuk mengevaluasi teknologi berdasarkan fungsi didaktis dan konteks penggunaan [1], [5], [7].

Implikasi praktisnya adalah guru dapat menggunakan Photomath maupun Symbolab sebagai media pendamping, tetapi aktivitas belajar perlu dirancang agar murid menjelaskan kembali setiap langkah, membandingkan alternatif solusi, mengidentifikasi kesalahan, dan menyelesaikan soal baru tanpa bantuan aplikasi. Prinsip tersebut selaras dengan literatur AI dan intelligent tutoring systems yang menekankan bahwa umpan balik digital paling bermanfaat ketika berfungsi sebagai scaffolding dan tetap berada di bawah orkestrasi pedagogis guru [9], [27], [28], [29]. Untuk pembelajaran yang berorientasi pada pemahaman konsep, aplikasi sebaiknya tidak digunakan sebagai mesin jawaban, melainkan sebagai sumber contoh kerja yang harus dikritisi. Sekolah juga perlu memastikan literasi digital, akses perangkat, serta pedoman penggunaan agar manfaat teknologi tidak berubah menjadi ketergantungan atau distraksi [4], [7], [29].

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang membatasi generalisasi dan inferensi kausal. Pertama, sampel hanya berasal dari satu madrasah dengan 80 murid. Kedua, kelompok Photomath berasal dari kelas X dan kelompok Symbolab dari kelas XI, sehingga tingkat kelas berimpit dengan jenis aplikasi dan berpotensi menimbulkan confounding. Ketiga, rerata pretest kedua kelompok berbeda secara deskriptif (74,75 versus 81,00), sementara naskah sumber tidak melaporkan analisis baseline-adjusted seperti ANCOVA atau model perubahan yang mengontrol skor awal. Keempat, tidak terdapat kelompok pembelajaran tanpa aplikasi sehingga perubahan tidak dapat sepenuhnya dipisahkan dari pengaruh pembelajaran reguler, latihan, atau maturasi. Kelima, informasi validitas-reliabilitas instrumen, durasi perlakuan per pertemuan, fidelity of implementation, dan karakteristik materi belum dilaporkan secara rinci. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan kelompok setara pada tingkat kelas yang sama, randomisasi klaster bila memungkinkan, ukuran sampel lebih besar, kontrol terhadap skor awal, pengukuran usability dan pemahaman konseptual, serta pelaporan instrumen dan prosedur yang lebih transparan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Photomath dan Symbolab sebagai media pendukung pembelajaran matematika di MAN 11 Jakarta diikuti oleh peningkatan hasil belajar yang signifikan pada masing-masing kelompok. Rerata kelompok Photomath meningkat dari 74,75 menjadi 86,00, sedangkan kelompok Symbolab meningkat dari 81,00 menjadi 86,88; uji

Wilcoxon menunjukkan perubahan signifikan untuk Photomath ($p < .001$) dan Symbolab ($p = .008$). Meskipun demikian, skor posttest kedua kelompok tidak berbeda signifikan berdasarkan uji Mann-Whitney ($p = .883$). Secara deskriptif, N-Gain Photomath sebesar 48,70% lebih tinggi daripada Symbolab sebesar 31,74%, tetapi keduanya masih menunjukkan efektivitas yang terbatas berdasarkan kategori yang digunakan dalam penelitian. Temuan ini menegaskan bahwa kedua aplikasi dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu belajar, namun peningkatan hasil belajar tidak cukup dijelaskan oleh pilihan aplikasi semata dan memerlukan integrasi pedagogis yang menekankan penalaran, pemahaman konsep, dan verifikasi langkah penyelesaian. Karena desain menggunakan kelompok dari tingkat kelas berbeda, satu lokasi penelitian, dan tidak melibatkan kelompok tanpa aplikasi, hasil perlu digeneralisasikan secara hati-hati; penelitian berikutnya perlu menggunakan kelompok yang lebih setara, kontrol terhadap skor awal, sampel yang lebih luas, dan pelaporan instrumen serta fidelity implementasi yang lebih rinci.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Indra Cahya Firdaus – Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang (Indonesia);

Email: indracf@unpam.ac.id

Penulis

Indra Cahya Firdaus – Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang (Indonesia);

Email: indracf@unpam.ac.id

Umi Muflikhah – Madrasah Aliyah Negeri 11 Jakarta (Indonesia);

Email: umimuflikhah7@gmail.com

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Hillmayr, L. Ziernwald, F. Reinhold, S. I. Hofer, and K. M. Reiss, "The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis," *Computers & Education*, vol. 153, Art. no. 103897, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- [2] C. R. Rakes, R. N. Ronau, S. B. Bush, S. O. Driskell, M. L. Niess, and D. K. Pugalee, "Mathematics achievement and orientation: A systematic review and meta-analysis of education technology," *Educational Research Review*, vol. 31, Art. no. 100337, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100337>
- [3] J. Young, "Technology-enhanced mathematics instruction: A second-order meta-analysis of 30 years of research," *Educational Research Review*, vol. 22, pp. 19–33, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.07.001>

- [4] OECD, *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During and From Disruption*. Paris, France: OECD Publishing, 2023. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- [5] D. Juandi, Y. S. Kusumah, M. Tamur, K. S. Perbowo, and T. T. Wijaya, "A meta-analysis of GeoGebra software decade of assisted mathematics learning: What to learn and where to go?" *Heliyon*, vol. 7, no. 5, Art. no. e06953, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953>
- [6] F. A. Rahma and E. Nurlaelah, "Effectiveness of digital technology on enhancing mathematics achievement of Indonesian secondary schools students: A meta-analysis research from 2018–2023," *Jurnal Pendidikan MIPA*, vol. 25, no. 2, pp. 803–813, 2024. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i2.pp803-813>
- [7] Y. Zhang, P. Wang, W. Jia, A. Zhang, and G. Chen, "Dynamic visualization by GeoGebra for mathematics learning: A meta-analysis of 20 years of research," *Journal of Research on Technology in Education*, 2023. <https://doi.org/10.1080/15391523.2023.2250886>
- [8] G. Balasubramaniam, M. Rajoo, and M. F. N. L. Abdullah, "A systematic literature review on mathematics mobile applications in education," *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 12, no. 2, pp. 83–95, 2022. <https://doi.org/10.20961/jmme.v12i2.64423>
- [9] D. Panqueban and J. Huincahue, "Artificial intelligence in mathematics education: A systematic review," *Uniciencia*, vol. 38, no. 1, pp. 1–17, 2024. <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.20>
- [10] D. Anjarwati, D. Juandi, E. Nurlaelah, and A. Hasanah, "Studi meta-analisis: Pengaruh model discovery learning berbantuan GeoGebra terhadap kemampuan berpikir kritis matematis siswa," *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 6, no. 3, pp. 2417–2427, 2022. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.1506>
- [11] N. C. Siregar, R. Rosli, S. M. Maat, and M. M. Capraro, "The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) program on students' achievement in mathematics: A meta-analysis," *International Electronic Journal of Mathematics Education*, vol. 15, no. 1, Art. no. em0549, 2020. <https://doi.org/10.29333/iejme/5885>
- [12] K. Saundarajan et al., "Learning algebra using augmented reality: A preliminary investigation on the application of Photomath for lower secondary education," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, no. 16, pp. 123–133, 2020. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.10540>
- [13] M. M. L. Siahaan, C. N. Salsinha, L. Hijriani, S. Nahak, and F. Daniel, "Photomath application for learning algebra: Preliminary study on a school in border area," *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 8, no. 1, pp. 199–213, 2025. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v8i1.24297>
- [14] A. Z. Pikri, P. Yulia, and R. Putri, "Photomath applications for learning mathematics analysis," *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 2, pp. 295–312, 2023. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i2.322>
- [15] C. Syari and L. D. Afri, "Pengaruh penggunaan aplikasi Photomath terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis siswa," *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education*, vol. 8, no. 1, 2025. <https://doi.org/10.31539/judika.v8i1.13765>
- [16] E. M. Firanti and D. E. S. Rangkuti, "Photomath-assisted contextual learning and students' mathematical reasoning: Examining the role of logical-mathematical intelligence," *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, vol. 12, no. 2, pp. 231–247, 2026. <https://doi.org/10.33474/jpm.v12i2.25881>
- [17] R. Cahyani and R. Sundayana, "Problem based learning dengan media Photomath dan Maple Calculator sebagai upaya peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa," *SIGMA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2026. <https://doi.org/10.26618/hzhyq379>
- [18] Z. Mustapa and R. Masaniku, "Photomath and ChatGPT-4o applications in fraction

- learning: A review from the perspective of mathematics education students,” *ETDC: Indonesian Journal of Research and Educational Review*, vol. 4, no. 3, pp. 805–812, 2025. <https://doi.org/10.51574/ijrer.v4i3.3691>
- [19] S. Ranisyah, U. Ulandari, and Suripah, “Eksplorasi penggunaan aplikasi Photomath untuk memfasilitasi pendekatan intuitif dan formal dalam pembelajaran matematika di SMPN 1 Pasir Penyu,” *Perspektif Pendidikan dan Keguruan*, vol. 16, no. 1, pp. 49–56, 2025. [https://doi.org/10.25299/perspektif.2025.vol16\(1\).21464](https://doi.org/10.25299/perspektif.2025.vol16(1).21464)
- [20] J. F. P. Luzano, J. G. Nallada, D. R. B. Hulagpos, and J. R. C. Damasco, “Unveiling the power of educational mathematics applications as formative assessment tools: A multiple case study,” *International Journal of Research in STEM Education*, vol. 6, no. 1, 2024. <https://doi.org/10.33830/ijrse.v6i1.1657>
- [21] F. Arwadi, Ruslan, and A. Thalib, “Meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik serta kemampuan pedagogik guru matematika di Kabupaten Bantaeng dengan Symbolab,” *DEDIKASI*, vol. 23, no. 1, pp. 46–49, 2021. <https://doi.org/10.26858/dedikasi.v23i1.26298>
- [22] Y. Anggraini and I. Sunaryantiningsih, “Perbedaan hasil belajar menggunakan aplikasi Symbolab dengan metode konvensional pada mahasiswa teknik elektro,” *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 3, no. 2, 2018. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v3i2.1252>
- [23] Z. Payung, Y. Kusuma, and E. Cahya, “Pembelajaran matematika dengan bantuan Mathematica dan Photomath software untuk meningkatkan problem solving matematika mahasiswa calon guru sekolah dasar,” *Elementary Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 48–54, 2022. <https://doi.org/10.47178/elementary.v5i1.1633>
- [24] S. Fidianti and V. Sari, “Peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa melalui model Learning Cycle 7E berbantuan aplikasi Symbolab,” *Polinomial: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 5, no. 1, pp. 457–465, 2026. <https://doi.org/10.56916/jp.v5i1.3687>
- [25] R. Fadilah, Juariah, and T. T. Widiastuti, “Peningkatan kemampuan komunikasi dan self-esteem matematis peserta didik melalui pendekatan pembelajaran visual thinking berbantuan Symbolab pada materi persamaan garis lurus,” *Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 14, no. 2, pp. 155–173, 2026. <https://doi.org/10.33387/dpi.v14i2.10330>
- [26] A. Hatip and W. Setiawan, “Teori kognitif Bruner dalam pembelajaran matematika,” *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 5, no. 2, pp. 87–97, 2021. <https://doi.org/10.33087/phi.v5i2.141>
- [27] O. A. G. Opesemowo and H. O. Adewuyi, “A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 20, no. 7, Art. no. em2478, 2024. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14762>
- [28] J. Yoon and O. N. Kwon, “Systematic literature review on AI-based mathematics teaching and learning: Focusing on the role of AI and teachers,” *The Mathematical Education*, vol. 63, no. 3, pp. 573–591, 2024. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2024.63.3.573>
- [29] T. Son, “Intelligent tutoring systems in mathematics education: A systematic literature review using the substitution, augmentation, modification, redefining model,” *Computers*, vol. 13, no. 10, Art. no. 270, 2024. <https://doi.org/10.3390/computers13100270>
- [30] W. R. Shadish, T. D. Cook, and D. T. Campbell, *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston, MA, USA: Houghton Mifflin, 2002.
- [31] R. R. Hake, “Analyzing change/gain scores,” Indiana University, Bloomington, IN, USA, 1999.