

Reinterpretasi Brain-Based Learning Berbantuan GeoGebra terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMP

Sakinah Mawadah Warahmah^{1*}, Adi Apriadi Adiansha¹, Nanang Diana¹, Muhammad Fuadi¹

¹Program Studi Pendidikan Matematika, STKIP Taman Siswa Bima

Jalan Pendidikan Taman Siswa Nomor 1, Desa Palibelo, Kecamatan Palibelo

*Corresponding Author Email: mawadahwarahmahsakinah4@gmail.com

Copyright: ©2026 The authors. This article is published by PT Mekar and is licensed under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Doi : <https://doi.org/10.65475/m3vp4002>

Key-Words :

Brain-Based Learning; GeoGebra; creative thinking skills; quasi-experiment; junior high school mathematics

Received : June 17, 2026.

Revised : July 6, 2026.

Published : July 8, 2026

Abstract

Creative thinking skills constitute a fundamental competency that students must master to meet the challenges of 21st-century mathematics learning. This study aimed to analyze the effectiveness of the Brain-Based Learning (BBL) model assisted by GeoGebra in improving the creative thinking skills of junior high school students in geometry. A quantitative approach with a quasi-experimental Non-Equivalent Control Group Design was employed, involving 64 seventh-grade students divided into an experimental class ($n = 32$) and a control class ($n = 32$). Data analysis included the Shapiro–Wilk normality test, Levene homogeneity test, paired and independent t-tests, N-Gain analysis, and Cohen's d effect size calculation. Results revealed that the experimental group's mean pretest score of 53.78 increased significantly to 70.16 in the posttest, while the control group improved from 51.03 to 61.31. The independent t-test yielded $t = 4.2198$ with $p = 0.0001$ ($p < 0.05$). The experimental group's N-Gain of 0.37 (moderate) exceeded the control group's 0.22 (low). Cohen's $d = 1.055$ confirmed a large effect of BBL assisted by GeoGebra.

1. INTRODUCTION

Urgensi permasalahan penelitian terletak pada masih rendahnya keterampilan berpikir kreatif matematis siswa sekolah menengah pertama yang belum berkembang secara optimal dalam proses pembelajaran. Pembelajaran matematika pada praktiknya masih cenderung menekankan prosedur mekanistik dan reproduksi konsep, sehingga siswa kurang diberi ruang untuk mengeksplorasi ide, mengembangkan solusi alternatif, serta menghasilkan gagasan yang orisinal [1], [2]. Keterampilan berpikir kreatif menjadi kompetensi esensial dalam menghadapi tantangan abad ke-21 yang menuntut kemampuan adaptif, inovatif, dan problem solving tingkat tinggi [3], [4]. Berbagai studi menunjukkan bahwa pembelajaran yang kurang melibatkan aktivitas eksploratif dan reflektif berdampak pada rendahnya fleksibilitas dan orisinalitas siswa dalam menyelesaikan masalah matematika [5], [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada hasil akhir, tetapi juga mampu mengembangkan proses berpikir kreatif siswa secara menyeluruh melalui pengalaman belajar yang

bermakna, kontekstual, dan berbasis aktivitas kognitif tingkat tinggi.

Permasalahan penelitian ini diperkuat oleh berbagai data empiris dari tingkat internasional hingga lokal yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif matematis masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Secara internasional, hasil studi menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mengembangkan strategi pemecahan masalah yang inovatif dan fleksibel [7], [8]. Pada konteks nasional, penelitian mengindikasikan bahwa pembelajaran matematika belum sepenuhnya mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk kreativitas [9], [10]. Selain itu, implementasi pembelajaran berbasis teknologi dan inovasi masih belum merata sehingga potensi siswa belum tergali secara maksimal [11]. Pada tingkat regional dan lokal, kondisi serupa juga ditemukan, di mana siswa cenderung bergantung pada contoh soal dan mengalami kesulitan dalam menghasilkan ide baru dalam penyelesaian masalah matematika [12], [13]. Fakta ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan kurikulum modern dengan praktik pembelajaran yang masih

konvensional, sehingga diperlukan intervensi pembelajaran yang lebih inovatif dan adaptif. Hasil observasi awal yang dilaksanakan pada tanggal 15 Januari 2026 di salah satu SMP menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif matematis siswa masih belum memenuhi indikator yang diharapkan. Data hasil observasi disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Observasi Awal Keterampilan Berpikir Kreatif Matematis Siswa

Indikator	Persentase (%)
Fluency	62
Flexibility	55
Originality	48
Elaboration	52

Sumber: Data hasil observasi peneliti (2026)

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa indikator originality memiliki persentase terendah yaitu 48%, yang menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menghasilkan ide yang unik masih sangat terbatas. Indikator flexibility sebesar 55% mengindikasikan bahwa siswa belum mampu menggunakan berbagai strategi dalam menyelesaikan masalah. Sementara itu, fluency dan elaboration masing-masing sebesar 62% dan 52% menunjukkan bahwa siswa cukup mampu menghasilkan ide, namun belum mampu mengembangkan ide tersebut secara mendalam. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keterampilan berpikir kreatif siswa masih didominasi oleh aspek kelancaran, tetapi lemah pada aspek kebaruan dan fleksibilitas [2], [5]. Kondisi ini menegaskan perlunya intervensi pembelajaran yang mampu mengembangkan seluruh indikator kreativitas secara seimbang dan terintegrasi.

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan model Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra sebagai pendekatan inovatif yang mengintegrasikan prinsip kerja otak dengan teknologi visual interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa secara optimal. Model Brain-Based Learning merupakan pendekatan yang berlandaskan pada teori konstruktivisme dan neurosains, yang menekankan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika disesuaikan dengan cara kerja otak dalam menerima, mengolah, dan menyimpan informasi [14], [15]. Keunggulan model ini terletak pada kemampuannya menciptakan suasana belajar yang menyenangkan, kontekstual, dan bermakna sehingga mampu meningkatkan keterlibatan siswa secara emosional dan kognitif [16], [17].

Dalam konteks pembelajaran matematika, integrasi GeoGebra sebagai media pendukung memungkinkan visualisasi konsep abstrak secara dinamis sehingga memperkuat pemahaman konseptual dan mendorong eksplorasi ide kreatif [18], [19]. Pendekatan ini juga selaras dengan empat pilar pendidikan, yaitu learning to know melalui pemahaman konsep matematis, learning to do melalui eksplorasi dan pemecahan masalah menggunakan GeoGebra, learning to be melalui pengembangan kreativitas dan kepercayaan diri, serta learning to live together melalui aktivitas kolaboratif dalam pembelajaran [20], [21]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kombinasi Brain-Based Learning dan teknologi digital mampu meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa secara signifikan [22], [23].

State-of-the-art dalam penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan berbasis neurosains dengan teknologi matematika dinamis yang masih jarang dikaji secara komprehensif dalam konteks peningkatan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa SMP. Penelitian sebelumnya lebih banyak menyoroti efektivitas Brain-Based Learning secara terpisah [13], [24] atau penggunaan GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman konsep dan pemecahan masalah [25], [26]. Namun, kajian yang mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut secara simultan dalam kerangka pengembangan kreativitas matematis masih terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu belum secara spesifik mengkaji bagaimana sinergi antara proses neurologis dan visualisasi digital dapat memfasilitasi munculnya ide-ide kreatif siswa dalam pembelajaran matematika. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan pendekatan yang lebih komprehensif dan kontekstual.

Kebaruan penelitian ini terletak pada reinterpretasi model Brain-Based Learning yang diintegrasikan secara sistematis dengan GeoGebra dalam kerangka pengembangan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa SMP. Pendekatan ini tidak hanya menggabungkan dua komponen pembelajaran, tetapi juga mengonstruksi ulang strategi pembelajaran yang berfokus pada optimalisasi fungsi otak melalui stimulasi visual dan interaktif. Selain itu, penelitian ini mengembangkan indikator keterampilan berpikir kreatif secara lebih terstruktur dan terukur melalui integrasi aktivitas eksploratif berbasis teknologi. Kebaruan lainnya adalah pada desain pembelajaran yang mengakomodasi aspek kognitif, afektif, dan psikomotor secara simultan sehingga menghasilkan pengalaman belajar yang holistik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam

pengembangan model pembelajaran matematika yang inovatif dan berbasis teknologi. Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada bagaimana efektivitas reinterpretasi model Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa SMP. Secara lebih spesifik, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan peningkatan keterampilan berpikir kreatif antara siswa yang mendapatkan pembelajaran Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra dengan siswa yang mendapatkan pembelajaran konvensional, serta mengkaji sejauh mana model tersebut mampu mengembangkan indikator fluency, flexibility, originality, dan elaboration secara optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan model pembelajaran inovatif yang efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa serta memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan praktik pembelajaran matematika berbasis teknologi dan neurosains.

2. METHODS

2.1 Jenis Dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis kuasi-eksperimen yang mengadopsi desain Non-Equivalent Control Group Design. Pemilihan desain ini didasarkan pada pertimbangan metodologis bahwa dalam konteks pembelajaran di ke-las nyata, randomisasi subjek secara penuh tidak memungkinkan dilakukan karena keterikatan pada struktur kelas yang telah ditetapkan oleh sekolah. Oleh karena itu, desain kuasi-eksperimen menjadi alternatif yang paling rasional untuk menguji hubungan kausal-komparatif antara perlakuan pembelajaran dan peningkatan keterampilan berpikir kreatif matematis. Penggunaan pretest dan posttest pada kedua kelompok berfungsi sebagai mekanisme kontrol terhadap perbedaan awal

2.3 Subjek Atau Partisipan Penelitian

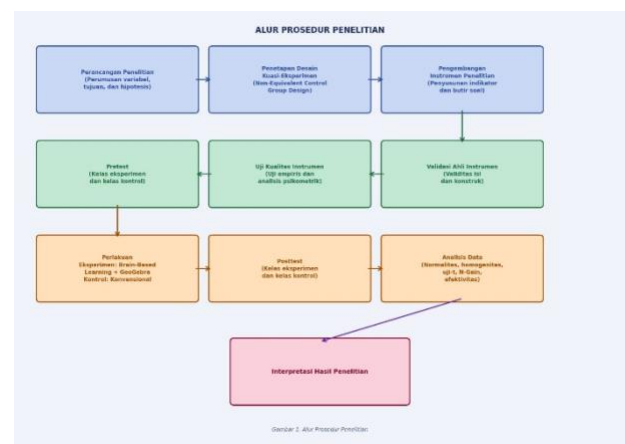
kemampuan siswa, sehingga perubahan yang terjadi dapat diatribusikan secara lebih akurat pada perlakuan yang diberikan. Desain ini juga memberikan kekuatan analitis dalam membandingkan efektivitas pembelajaran Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra dengan pembelajaran konvensional secara empiris. Dengan demikian, desain ini dipandang memiliki validitas internal yang memadai dan relevan dengan tujuan penelitian yang berfokus pada pengujian efektivitas intervensi pembelajaran secara terukur dan sistematis.

Tabel 2. Desain Penelitian

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan: X₁ = Pembelajaran Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra; X₂ = Pembelajaran konvensional; O₁, O₃ = Pretest kemampuan berpikir kreatif matematis; O₂, O₄ = Posttest kemampuan berpikir kreatif matematis.

2.2 Prosedur Penelitian



Gambar 1. Alur Prosedur Penelitian

Tabel 3. Populasi, Sampel, dan Karakteristik Partisipan Penelitian (SMP)

Aspek	Kategori	Kelas Eksperimen (n, %)	Kelas Kontrol (n, %)	Total (n, %)
Populasi	Seluruh siswa SMP (3 kelas paralel)			96 (100%)
Sampel Penelitian	Kelas terpilih	32 (50,0%)	32 (50,0%)	64 (66,7% dari populasi)
Jenis Kelamin	Laki-laki	15 (46,9%)	16 (50,0%)	31 (48,4%)
	Perempuan	17 (53,1%)	16 (50,0%)	33 (51,6%)
Usia (tahun)	13	10 (31,3%)	11 (34,4%)	21 (32,8%)

	14	17 (53,1%)	16 (50,0%)	33 (51,6%)
	15	5 (15,6%)	5 (15,6%)	10 (15,6%)
Tingkat Kelas	SMP (Kelas VIII)	32 (100%)	32 (100%)	64 (100%)

2.4 Teknik Dan Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan instrumen tes kemampuan berpikir kreatif matematis yang disusun berdasarkan indikator fluency, flexibility, originality, dan elaboration. Instrumen diberikan dalam bentuk pretest dan posttest kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan prosedur administrasi yang terstandar untuk memastikan konsistensi pelaksanaan. Pretest dilakukan sebelum pemberian perlakuan untuk mengukur kemampuan awal siswa, sedangkan posttest dilakukan setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai untuk mengukur peningkatan kemampuan. Pada kelas eksperimen, pembelajaran dilaksanakan menggunakan model Brain-Based Learning berbantuan GeoGebra, sementara kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Seluruh proses pengumpulan data dilakukan dalam kondisi yang terkendali untuk meminimalkan variabel luar yang dapat memengaruhi hasil penelitian.

Penjaminan kualitas data dilakukan melalui serangkaian prosedur sistematis yang mencakup validasi instrumen oleh ahli, uji coba instrumen secara empiris, serta analisis reliabilitas. Validitas instrumen meliputi validitas isi dan konstruk untuk memastikan kesesuaian butir soal dengan indikator

yang diukur. Selanjutnya, uji reliabilitas dilakukan untuk memastikan konsistensi hasil pengukuran. Selain itu, pengendalian bias pengukuran dilakukan dengan cara menyamakan waktu pengerjaan, kondisi lingkungan, serta instruksi yang diberikan kepada seluruh peserta penelitian. Prosedur ini bertujuan untuk menghasilkan data yang akurat, objektif, dan dapat direplikasi dalam konteks penelitian yang serupa.

2.5 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian berupa tes keterampilan berpikir kreatif matematis yang dirancang untuk mengukur kemampuan siswa dalam menghasilkan ide yang beragam, fleksibel, orisinal, dan terelaborasi dalam konteks pemecahan masalah matematika. Instrumen ini disusun berdasarkan indikator berpikir kreatif yang telah tervalidasi dalam literatur, serta dikaitkan dengan konteks pembelajaran geometri berbantuan GeoGebra untuk memastikan relevansi dengan tujuan penelitian [5], [19]. Struktur instrumen berbentuk soal uraian terbuka yang memungkinkan eksplorasi jawaban secara mendalam sesuai dengan level kognitif yang ditargetkan.

Tabel 4. Matriks Spesifikasi Instrumen Tes

Kode Indikator	Indikator Pengukuran	Level Kognitif	Teknik	Jumlah Soal	Konteks Soal (5 Butir per Indikator)	Bobot Skor per Soal
I1	Kelancaran (Fluency)	C4–C5	Uraian	5	Menyelesaikan berbagai kemungkinan solusi bangun ruang menggunakan GeoGebra; mengidentifikasi berbagai cara penyelesaian; menghasilkan alternatif jawaban; menyusun strategi berbeda; eksplorasi variasi bentuk	4
I2	Fleksibilitas	C4–C6	Uraian	5	Mengubah pendekatan penyelesaian; membandingkan metode; menggunakan representasi berbeda; memodifikasi model; menghubungkan konsep	4
I3	Orisinalitas	C5–C6	Uraian	5	Menghasilkan solusi unik; membuat model baru; menyusun strategi inovatif; mengembangkan ide berbeda; menciptakan pendekatan alternatif	4
I4	Elaborasi	C4–C6	Uraian	5	Mengembangkan jawaban secara rinci; menjelaskan langkah penyelesaian; memperluas solusi; memberikan alasan logis; memperjelas konsep	4

Total Skor Maksimum = 80

2.6 Teknik Analisis Data

Tabel 5. Teknik Analisis Data

No	Jenis Analisis	Teknik Statistik	Indikator/Parameter	Kriteria Keputusan
1	Uji Validitas Instrumen	Korelasi Product Moment / Model Rasch	Nilai r / Outfit MNSQ	$r \text{ hitung} > r \text{ tabel} / 0,5 \leq \text{MNSQ} \leq 1,5$
2	Uji Reliabilitas Instrumen	Cronbach's Alpha / Rasch Reliability	Koefisien reliabilitas	$\alpha \geq 0,70$
3	Uji Normalitas	Shapiro–Wilk	Nilai signifikansi (Sig.)	Sig. > 0,05
4	Uji Homogenitas	Levene Test	Nilai signifikansi (Sig.)	Sig. > 0,05
5	Uji Perbedaan	Uji-t Independen	Nilai Sig. (2-tailed)	Sig. < 0,05
6	Analisis Peningkatan	N-Gain	Skor gain ternormalisasi	Rendah ($g < 0,3$), Sedang ($0,3 \leq g < 0,7$), Tinggi ($g \geq 0,7$)
7	Analisis Efektivitas	Effect Size	Nilai Cohen's d	Kecil ($d < 0,2$), Sedang ($0,2-0,8$), Besar ($> 0,8$)

Teknik analisis data dilakukan secara bertahap dan sistematis untuk memastikan keakuratan hasil penelitian. Tahap awal meliputi pengujian kualitas instrumen melalui uji validitas dan reliabilitas untuk memastikan bahwa alat ukur yang digunakan memiliki tingkat keabsahan dan konsistensi yang memadai. Selanjutnya, dilakukan uji prasyarat analisis berupa uji normalitas dan homogenitas untuk menentukan kelayakan penggunaan uji parametrik. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji-t inde-penden untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Selain itu, analisis N-Gain digunakan untuk mengukur tingkat peningkatan keterampilan berpikir kreatif, sedangkan effect size digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh perlakuan secara praktis. Pendekatan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas penerapan brain-based learning berbantuan GeoGebra dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Hasil Uji Validitas Dan Reabilitas Instrumen

Uji validitas menggunakan korelasi Product Moment Pearson menunjukkan bahwa seluruh 20

butir soal memperoleh r hitung melebihi r tabel = 0,361, dengan rentang r antara 0,412–0,784. Hasil uji reliabilitas menghasilkan koefisien Cronbach's Alpha (α) = 0,873, yang tergolong sangat tinggi ($\alpha \geq 0,80$), mengindikasikan konsistensi internal instrumen yang sangat baik [24], [26].

Tabel 6. Ringkasan Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Kode	Jml Butir	r Min	r Maks	r Tabel	Keterangan
BK-1	5	0,457	0,712	0,361	Semua Valid
BK-2	5	0,412	0,698	0,361	Semua Valid
BK-3	5	0,489	0,784	0,361	Semua Valid
BK-4	5	0,431	0,751	0,361	Semua Valid
Reliabilitas α			0,873		Sangat Tinggi

3.2 Hasil Uji Normalitas Dan Homogenitas

Uji Shapiro-Wilk menunjukkan seluruh data berdistribusi normal (Sig. > 0,05). Uji Levene mengonfirmasi homogenitas varians antara kedua kelompok pada pretest mau-pun posttest. Terpenuhinya kedua asumsi ini memvalidasi penggunaan uji-t parametrik [27].

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk dan Homogenitas Levene

Data	Kelompok	W	Sig.	Levene F	Sig. Homogeni-tas
Pretest	Eksperimen	0,9525	0,1697	0,9099	0,3438
Pretest	Kontrol	0,9456	0,1080		
Posttest	Eksperimen	0,9559	0,2111	1,2144	0,2747

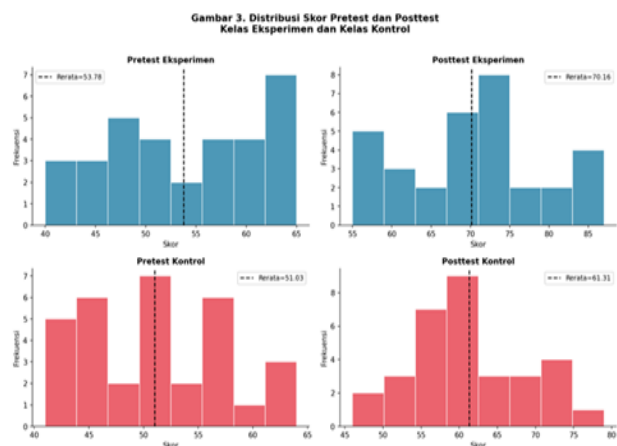
Posttest	Kontrol	0,9845	0,9140
----------	---------	--------	--------

3.3 Hasil Pretest dan Posttest

Deskripsi statistik skor pretest dan posttest keterampilan berpikir kreatif matematis pada kedua kelompok disajikan dalam Tabel 7. Kelas eksperimen mengalami peningkatan gain rerata 16,38 poin, sedangkan kelas kontrol meningkat 10,28 poin. Perbedaan gain sebesar 6,10 poin mencerminkan keunggulan perlakuan BBL berbantuan GeoGe-bra (Poonputta & Mekwan, 2023).

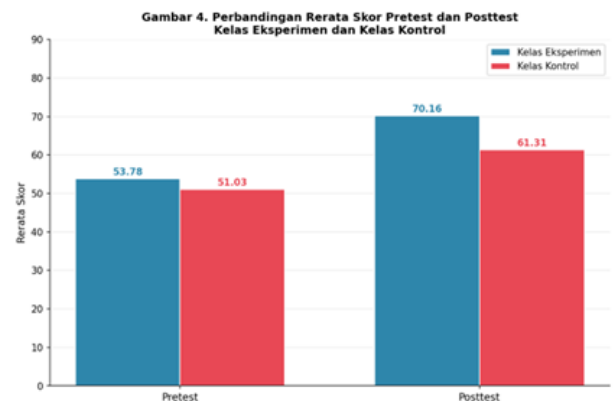
Tabel 8. Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Kelompok	n	Rerat a Pre	Rerat a Post	SD Pre	SD Post	Gain
Eksperime n	32	53,78	70,16	7,48	9,14	16,38
Kontrol	32	51,03	61,31	6,78	7,55	10,28



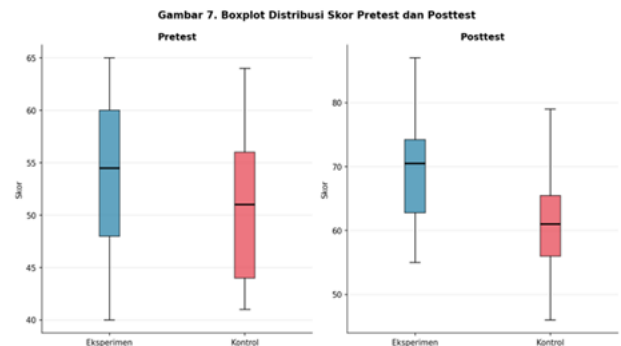
Gambar 2. Distribusi Skor Pretest dan Posttest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Gambar 2 menampilkan distribusi frekuensi skor pretest dan posttest pada kedua ke-lompok. Terlihat bahwa distribusi skor posttest kelas eksperimen bergeser secara nyata ke rentang nilai yang lebih tinggi (55–87) dibandingkan pretest (40–65), dengan rerata meningkat dari 53,78 menjadi 70,16. Kelas kontrol menunjukkan pergeseran yang lebih moderat dari rentang 41–64 ke 46–79 [8], [28].



Gambar 3. Perbandingan Rerata Skor Pretest dan Posttest Kelas Eksperimen dan Kontrol

Gambar 3 memperlihatkan secara visual bahwa rerata posttest kelas eksperimen (70,16) secara substansial melampaui kelas kontrol (61,31), sementara kondisi awal (pretest) relatif setara antara kedua kelompok. Pola ini mengkonfirmasi bahwa perbe-daan posttest merupakan dampak dari perlakuan BBL berbantuan GeoGebra, bukan dari perbedaan kemampuan awal [14], [20].



Gambar 4. Boxplot Distribusi Skor Pretest dan Posttest

Boxplot pada Gambar 4 memperjelas bahwa sebaran skor posttest kelas eksperimen lebih tinggi secara keseluruhan dibandingkan kelas kontrol, dengan median yang lebih tinggi dan variabilitas yang sedikit lebih besar mengindikasikan bahwa perlakuan BBL berbantuan GeoGebra efektif mengangkat kemampuan siswa di berbagai level awal secara merata [15], [29].

3.4 Hasil Uji Korelasi

Uji korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi yang sangat kuat antara pretest dan posttest pada kelas eksperimen ($r = 0,855$; $p < 0,001$) maupun kontrol ($r = 0,932$; $p < 0,001$). Korelasi

tinggi mengindikasikan bahwa kemampuan awal berkontribusi pada capaian akhir, namun stimulasi BBL-GeoGebra mampu mengoptimalkan potensi terse-but secara lebih signifikan [30], [31].

Tabel 9. Hasil Uji Korelasi Pearson

Kelompok	r Pearson	Sig.	Interpretasi
Eksperimen	0,855	0,000	Korelasi Sangat Kuat
Kontrol	0,932	0,000	Korelasi Sangat Kuat

3.5 Hasil Uji Paired T-Test

Uji-t berpasangan menghasilkan nilai $t = -19,473$ (Sig. = 0,000) untuk kelas eksperimen dan $t = -21,148$ (Sig. = 0,000) untuk kelas kontrol. Kedua kelompok mengalami peningkatan yang signifikan secara statistik, namun besaran peningkatan kelas eksperimen secara absolut jauh lebih besar [12], [13].

Tabel 10. Hasil Uji Paired T-Test

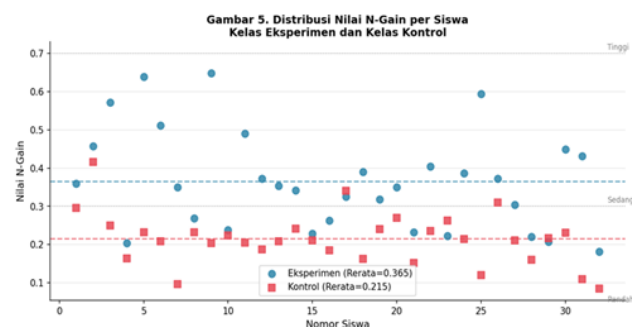
Kelompok	t	df	Sig.	Kesimpulan
Eksperimen	-19,437	31	0,000	Peningkatan signifikan
Kontrol	-21,148	31	0,000	Peningkatan signifikan

3.6 Hasil Analisis N-Gain Dan Effect Size

Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,37 (kategori sedang) melampaui kelas kontrol sebesar 0,22 (kategori rendah). Selanjutnya, effect size Cohen's $d = 1,055$ mengkonfirmasi bahwa dampak perlakuan tergolong besar secara pedagogis [14], [32].

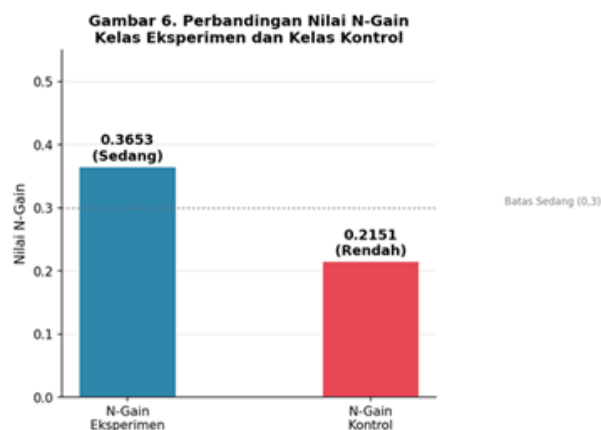
Tabel 11. Hasil Analisis N-Gain dan Effect Size

Kelompok	N-Gain	Kategori	Cohen's d	Kaderi d
Eksperimen	0,37	Sedang	1,055	Besar
Kontrol	0,22	Rendah		



Gambar 5. Distribusi Nilai N-Gain per Siswa Kelas Eksperimen dan Kontrol

Gambar 5 menyajikan distribusi nilai N-Gain individual pada kedua kelas. Terlihat bahwa sebagian besar siswa kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain yang melampaui 0,30 (batas kategori sedang), sementara siswa kelas kontrol sebagian besar berada di bawah 0,30. Garis putus-putus menunjukkan nilai rerata masing-masing kelompok, yang secara visual mengkonfirmasi superioritas kelas eksperimen [7], [9].



Gambar 6. Perbandingan Nilai N-Gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Gambar 6 memperjelas perbedaan kategorial nilai N-Gain antara kedua kelompok. Kelas eksperimen (N-Gain = 0,3653) berada pada kategori sedang, sedangkan kelas kontrol (N-Gain = 0,2151) berada pada kategori rendah. Perbedaan ini secara kualitatif menunjukkan bahwa model BBL berbantuan GeoGebra tidak hanya menghasilkan peningkatan lebih besar secara absolut, tetapi juga lebih efisien dalam mengoptimalkan potensi peningkatan yang tersedia bagi siswa dari berbagai level kemampuan awal [4], [5].

3.7 Hasil Uji-T Independen (Posttest)

Pengujian hipotesis utama menggunakan uji-t independen menghasilkan $t = 4,220$ dengan Sig. (2-tailed) = 0,000 ($p < 0,001$), jauh di bawah $\alpha = 0,05$. Hipotesis nol di-tolak; hipotesis alternatif yang menyatakan keunggulan signifikan kelas eksperimen diterima. Temuan ini membuktikan secara empiris bahwa model BBL berbantuan GeoGebra berpengaruh signifikan dan positif terhadap keterampilan berpikir kreatif matematis siswa SMP [14], [20].

Tabel 12. Hasil Uji-t Independen Skor Posttest

Perbandingan	t	df	Sig.	Kesimpulan
Eks vs Kontrol (Posttest)	4,220	62	0,000	Ho ditolak Eks lebih unggul

3.8 Pembahasan

Temuan pertama yang menonjol adalah terbuktinya pengaruh signifikan model BBL berbantuan GeoGebra terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa SMP. Nilai uji-t in-dependen sebesar 4,220 dengan probabilitas 0,000 memberikan bukti statistik yang kuat bahwa rerata posttest kelas eksperimen (70,16) secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol (61,31). Keunggulan ini dikonfirmasi oleh effect size Cohen's $d = 1,055$ yang tergolong besar. Temuan ini selaras dengan meta-analisis [14] yang mengkonfirmasi BBL secara konsisten menghasilkan peningkatan kognitif dengan effect size besar, serta penelitian [23] yang mengidentifikasi peningkatan signifikan pada kelompok BBL dibandingkan pembelajaran tradisional. Keberhasilan ini dapat diatribusikan kepada kemampuan BBL dalam menciptakan orchestrated immersion yang secara neurobiologis mengaktifkan koneksi sinaptik di area prefrontal korteks pusat eksekutif berpikir kreatif [15], [33]. Pembahasan kedua berfokus pada peran GeoGebra sebagai katalis visual-spasial yang mengakselerasi perkembangan berpikir kreatif siswa. Melalui fitur animasi geometri, slider interaktif, dan visualisasi tiga dimensi, GeoGebra memungkinkan eksplorasi objek matematis dari berbagai perspektif secara simultan kapasitas yang langsung menstimulasi indikator flexibility dan originality [19], [34] [35] menemukan bahwa interaksi dengan GeoGebra mendorong formulasi konjektur geometris yang lebih kreatif. [21] juga melaporkan peningkatan motivasi dan kinerja akademis yang signifikan pada siswa yang mengintegrasikan desain geometri dengan GeoGebra, memperkuat argumen bahwa teknologi ini memiliki dampak multidimensional pada kognisi dan afeksi matematis siswa [20], [26]. Analisis nilai N-Gain mengungkap pola yang bermakna. Kelas eksperimen memperoleh N-Gain 0,37 (sedang) sementara kontrol 0,22 (rendah). Perbedaan kategori N-Gain ini menunjukkan bahwa BBL berbantuan GeoGebra tidak hanya menghasilkan peningkatan lebih besar secara absolut, tetapi juga lebih efisien dalam mengoptimalkan potensi peningkatan yang tersedia bagi siswa dari berbagai level awal. Fenomena ini bersesuaian dengan prinsip Zone of Proximal Development Vygotsky, di mana GeoGebra berfungsi sebagai scaffolding digital yang

menjembatani kesenjangan antara ke-mampuan aktual dan potensi kreatif maksimal siswa [12], [13]. Penelitian [36]

juga melaporkan pola N-Gain serupa pada intervensi BBL dengan durasi terbatas.

Analisis lebih lanjut terhadap empat indikator berpikir kreatif mengungkap bahwa fluency dan flexibility menunjukkan peningkatan paling substansial di kelas eksperimen. Hal ini dijelaskan oleh karakteristik BBL yang mendorong brainstorming multi-solusi dan eksplorasi pendekatan alternatif dalam kondisi relaxed alertness secara neuropsikologis menurunkan kortisol dan stres kognitif, yang memperluas kapasitas memori kerja prefrontal [27], [31]. Indikator originality meningkat lebih moderat namun tetap bermakna, mengindikasikan bahwa GeoGebra secara efektif memfasilitasi ide-ide geometris unik melalui eksplorasi mandiri [5], [22]. Indikator elaboration menunjukkan peningkatan konsisten, mencerminkan berkembangnya kemampuan siswa untuk memperluas solusi matematis setelah paparan berulang terhadap objek geometris dinamis [7], [9]. Pada dimensi afektif, penelitian ini mengobservasi peningkatan keterlibatan dan antusiasme belajar yang lebih tinggi di kelas eksperimen. Temuan ini konsisten dengan [32] yang melaporkan peningkatan minat belajar matematika melalui BBL. [29] juga mengidentifikasi bahwa penggunaan teknologi digital dalam kerangka BBL berkontribusi positif terhadap literasi dan hasil belajar. Emosi positif dari eksplorasi geometris yang berhasil melalui GeoGebra menciptakan siklus umpan balik yang memperkuat motivasi intrinsik dan disposisi kreatif siswa secara berkelanjutan [8], [10]. Implikasinya, guru perlu merancang pengalaman belajar yang menstimulasi dimensi emosional dan motivasional, tidak hanya kognitif.

Temuan ini membawa implikasi teoritis dan praktis yang signifikan. Secara teoritis, penelitian ini memperkuat validitas konstruk teori BBL dalam konteks budaya pendidikan Indonesia, sekaligus mengekspansi aplikasinya ke domain berpikir kreatif [16], [37]. Secara praktis, temuan ini memberikan panduan berbasis bukti kepada pendidik untuk mengadopsi kombinasi BBL-GeoGebra sebagai strategi pembelajaran prioritas dalam merespons tuntutan kompetensi abad ke-21 [6], [11]. Keterbatasan penelitian meliputi: (1) durasi intervensi yang relatif singkat; (2) generalisabilitas yang terbatas pada konteks sekolah dengan karakteristik serupa; dan (3) ketidakmampuan desain kuasi-eksperimen untuk sepenuhnya mengeliminasi variabel perancu. Penelitian lanjutan dengan desain lebih robust dan

periode intervensi lebih panjang sangat direkomendasikan [4], [28].

4. CONCLUSION

Penelitian ini membuktikan secara empiris bahwa model BBL berbantuan GeoGebra berpengaruh signifikan terhadap keterampilan berpikir kreatif matematis siswa SMP. Tiga temuan utama: (1) uji-t independen $t = 4,220$; $\text{Sig.} = 0,000$ mengkonfirmasi rerata posttest eksperimen (70,16) secara signifikan melampaui kontrol (61,31); (2) N-Gain eksperimen 0,37 (sedang) > kontrol 0,22 (rendah); dan (3) Cohen's $d = 1,055$ (kategori besar) mengafirmasi dampak pedagogis yang bermakna. Integrasi sinergis BBL dan GeoGebra terbukti mampu mengoptimalkan perkembangan fluency, flexibility, originality, dan elaboration sebagai empat pilar keterampilan berpikir kreatif matematis siswa.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kepala sekolah, guru matematika, dan siswa-siswi SMP Negeri 2 Woha yang telah bersedia menjadi subjek dan mitra penelitian, serta kepada para validator instrumen dan reviewer anonim yang telah memberikan masukan konstruktif.

REFERENCES

- [1] D. Ali, Z. Amir MZ, K. Kusnadi, and R. Vebrianto, "Literature Review: Mathematical Creative Thinking Ability, and Students' Self Regulated Learning to Use an Open Ended Approach," *Malikussaleh J. Math. Learn.*, vol. 4, no. 1, p. 52, 2021, doi: 10.29103/mjml.v4i1.3095.
- [2] E. Yayuk, Purwanto, A. R. As' Ari, and Subanji, "Primary school students' creative thinking skills in mathematics problem solving," *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 1281–1295, 2020, doi: 10.12973/eu-jer.9.3.1281.
- [3] M. Applebaum, "Fostering creative and critical thinking through math games: A case study of Bachet's game," *Eur. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 13, no. 1, pp. 16–26, 2025, doi: 10.30935/scimath/15825.
- [4] Ibrahim, I. A. Khalil, and R. C. Indra Prahmana, "Mathematics learning orientation: Mathematical creative thinking ability or creative disposition?," *J. Math. Educ.*, vol. 15, no. 1, pp. 253–276, 2024, doi: 10.22342/jme.v15i1.pp253-276.
- [5] M. Muzaini, S. Rahayuningsih, M. Ikram, and F. A. Z. Nasiruddin, "Mathematical Creativity: Student Geometrical Figure Apprehension in Geometry Problem-Solving Using New Auxiliary Elements," *Int. J. Educ. Methodol.*, vol. 9, no. 1, pp. 139–150, 2023, doi: 10.12973/ijem.9.1.139.
- [6] S. A. Widodo, W. Hidayat, R. Ekawati, M. Irfan, and S. Maarif, "The importance of creating mathematical worksheets and their impact on critical and creative thinking skills," *Eur. J. STEM Educ.*, vol. 10, no. 1, p. 31, 2025, doi: 10.20897/ejsteme/17487.
- [7] C. Kwangpukieo and T. Sawangboon, "Fostering Mathematical Proficiency and Creative Thinking Skills in 10th Grade Students Through the 5E Inquiry-Based Learning Approach with Supplementary Media," *Int. Educ. Stud.*, vol. 17, no. 3, p. 1, 2024, doi: 10.5539/ies.v17n3p1.
- [8] A. A. S. Tabieh and M. Hamzeh, "the Impact of Blended-Flipped Learning on Mathematical Creative Thinking Skills," *J. Educ. Online*, vol. 19, no. 3, 2022, doi: 10.9743/JEO.2022.19.3.15.
- [9] D. Apriandi, I. Krisdiana, E. Suprpto, and B. A. Megantara, "Development and Effectiveness of STEAM-C Integrated Learning Devices to Improve Students' Creative Thinking Skills in Specific Cultural Context," *J. Learn. Dev.*, vol. 10, no. 3, pp. 440–451, 2023, doi: 10.56059/jl4d.v10i3.813.
- [10] Yustina, I. Mahadi, D. Ariska, Arnentis, and Darmadi, "The Effect of E-Learning Based on the Problem-Based Learning Model on Students' Creative Thinking Skills During the Covid-19 Pandemic," *Int. J. Instr.*, vol. 15, no. 2, pp. 329–348, 2022, doi: 10.29333/iji.2022.15219a.
- [11] E. Rohaeti and N. Huda, "Assessing computational thinking skills of science and mathematics upper-secondary school students," *Eur. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 13, no. 4, pp. 289–303, 2025, doi: 10.30935/scimath/17248.
- [12] F. U. Simamora and M. B. Darari, "Upaya Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Siswa pada Materi Segiempat Melalui Pembelajaran Brain Based Learning di SMP IT Al-Hijrah," *J. Educ.*, 2023.
- [13] L. Susanti, U. Kosasih, F. Fadilawati, and T. Indriani, "Model Brain-Based Learning dan Discovery Learning terhadap Kemampuan Berpikir Reflektif Matematis Siswa MTs,"

- Plusminus J. Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 317–332, 2023, doi: 10.31980/plusminus.v3i2.1347.
- [14] A. A. Funa, J. D. Ricafort, F. G. J. Jetomo, and J. Lasala Nestor L., “Effectiveness of Brain-Based Learning Toward Improving Students’ Conceptual Understanding: A Meta-Analysis,” *Int. J. Instr.*, vol. 17, no. 1, pp. 361–380, 2024, doi: 10.29333/iji.2024.17119a.
- [15] S. Shahzadi, “Effects of Brain-Based Learning on Students’ Competency of Innovation at Secondary Level,” *J. Dev. Soc. Sci.*, 2023, doi: 10.47205/jdss.2023(4-iii)04.
- [16] R. Utami and K. Idawati, “Implementasi Brain Based Learning Dalam Mengasah Multiple Intelligences Di MTs Al-Qur’an La Raiba Hanifida Jombang,” *Urwatul Wutsqo J. Stud. Kependidikan dan Keislām.*, vol. 12, no. 2, pp. 386–402, 2023, doi: 10.54437/urwatulwutsqo.v12i2.1250.
- [17] A. Wilson, J. Ramanair, and S. Rethinasamy, “English as a second language (ESL) teacher brain-based learning classroom practices and perceptions in Malaysian schools,” *Soc. Sci. Humanit. Open*, 2023, doi: 10.1016/j.ssaho.2023.100682.
- [18] R. Thapa, N. Dahal, and B. P. Pant, “This Content is Covered By a Creative Commons License, Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0). GeoGebra Integration in High School Mathematics: An Experiential Exploration on Concepts of Circle,” *Math. Teach. Res. J.*, vol. 14, no. 5, pp. 16–33, 2022.
- [19] G. Valori, V. Albanese, N. Adamuz-Povedano, and E. Gómez-Torres, “Effectiveness of Paper Folding and GeoGebra on Students’ Geometric Thinking and Visualization,” *Int. J. Educ. Math. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 1395–1414, 2024, doi: 10.46328/ijemst.4477.
- [20] W. Susilawati, N. Siti Nursalimah, and I. Maryono, “Mathematical Connections Through Brain-Based Learning with Geogebra Assistance,” *KnE Soc. Sci.*, vol. 2024, pp. 1109–1121, 2024, doi: 10.18502/kss.v9i13.16036.
- [21] M. I. Zakaria, W. W. S. Carol, M. F. A. Hanid, M. F. Adnan, N. F. Raimi, and S. M. S. Azman, “Integrating Geometrical Design with GeoGebra: Effects on Motivation and Academic Performance Among Secondary Students,” *Math. Teaching-Research J.*, vol. 16, no. 5, pp. 186–217, 2024.
- [22] M. Gusteti *et al.*, “GeoGebra Augmented Reality: An Innovation in Improving Students’ Mathematical Problem-Solving Skills,” *Int. J. Educ. Math. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 584–596, 2025, doi: 10.46328/ijemst.4872.
- [23] A. Poonputta and J. Mekwan, “The Effects of Integrated Brain-Based Learning and Skills Training in Linear and Quadratic Functions Among Grade 11 Students,” *J. Educ. Learn.*, 2023, doi: 10.5539/jel.v12n3p78.
- [24] W. Azzahra, S. Diana, and E. Nuraeni, “Enhancing students’ numeracy literacy in human heredity material through a brain-based learning model,” *BIO-INOVED J. Biol. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, p. 257, 2024, doi: 10.20527/bino.v6i2.19527.
- [25] Z. H. Putra, Y. M. Afrillia, Dahnilsyah, and H. Tjoe, “Prospective elementary teachers’ informal mathematical proof using GeoGebra: The case of 3D shapes,” *J. Math. Educ.*, vol. 14, no. 3, pp. 449–468, 2023, doi: 10.22342/jme.v14i3.pp449-468.
- [26] A. H. Rosyidi, Y. M. Sari, D. K. Fardah, and M. Masriyah, “Designing mathematics problem-solving assessment with GeoGebra Classroom: proving the instrument validity,” *J. Educ. Learn.*, vol. 18, no. 3, pp. 1038–1046, 2024, doi: 10.11591/edulearn.v18i3.21191.
- [27] Y. S. A. Mohammed and A. S. Daif-Allah, “The interaction between brain-based learning strategies and patterns of infographics and its influence on the development of information concepts among Saudi undergraduate cybersecurity students,” *F1000Research*, vol. 12, p. 441, 2024, doi: 10.12688/f1000research.125140.2.
- [28] S. Ndiung, Sariyasa, E. Jehadus, and R. A. Apsari, “The effect of treffinger creative learning model with the use rme principles on creative thinking skill and mathematics learning outcome,” *Int. J. Instr.*, vol. 14, no. 2, pp. 873–888, 2021, doi: 10.29333/iji.2021.14249a.
- [29] M. R. Windari, J. Prihatin, and K. Fikri, “The Effectiveness of Digital Textbooks on Brain-based Learning assisted by Animated Videos and Maze Chase-Wordwall on Science Literacy Skills and Student Learning Outcomes,” *Biosf. J. Tadris Biol.*, vol. 14, no. 1, pp. 79–88, 2023, doi: 10.24042/biosfer.v14i1.16891.
- [30] A. A. Halim and N. D. A. Halim, “Effects of online heutagogy approach in learning science via Telegram towards pupils’ science process skills and creative thinking skills,” *Lumat*, vol. 12, no. 4, pp. 1–20, 2024, doi: 10.31129/LUMAT.12.4.2327.
- [31] I. Kusuma, S. A. AM, and R. Dewi, “The Use

- of Brain Based Learning Strategies in Increasing Students' Speaking Abilities at SMP Dunia Harapan Makassar," *Int. J. Soc. Sci. Hum. Res.*, vol. 7, no. 07, pp. 5436–5445, 2024, doi: 10.47191/ijsshr/v7-i07-92.
- [32] A. F. M. Pratama and I. Ratnaningrum, "Implementation of Brain-Based Learning Approach to Increase Mathematics Learning Interest and Outcomes of Third-Grade Students," *Int. J. Elem. Educ.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.23887/ijee.v8i1.73818.
- [33] S. O. Sappari *et al.*, "The Content-Validated Geometry Lessons in Islam Observed Brain-based Learning," *Qubahan Acad. J.*, 2023, doi: 10.48161/qaj.v3n4a166.
- [34] H. Hamidah, J. W. Kusuma, S. Chotimah, and E. Senjayawati, "Evaluation of geometry skills: Integrating logic and drawing indicators through GeoGebra-based learning," *JRAMathEdu (Journal Res. Adv. Math. Educ.)*, vol. 10, no. 3, pp. 182–199, 2025, doi: 10.23917/jramathedu.v10i3.8802.
- [35] L. Anwar, C. Sa'dijah, T. Listiawan, A. D. Utami, and H. Zulnaldi, "Challenges of Prospective Mathematics Teachers in Formulating Geometrical Conjecture through Interaction with GeoGebra," *Math. Teaching-Research J.*, vol. 17, no. 1, pp. 7–27, 2025.
- [36] S. Thonsakul and A. Poonputta, "Development of Grade 11 student Learning Achievements on Quadratic Functions Using Brain-Based Learning (BBL) Management," *J. Educ. Learn.*, 2023, doi: 10.5539/jel.v12n1p125.
- [37] R. D. Tehusiarana and D. Rumahlatu, "The learning model of Resource-Based learning, Brain-Based learning, and a combination of these two models Resource - Brain-Based learning is believed to be able to improve cognitive, affective, and psychomotor learning outcomes of the Students of SMP Neg," *BIOEDUPAT Pattimura J. Biol. Learn.*, vol. 3, no. 1, pp. 64–70, 2023, doi: 10.30598/bioedupat.v3.i1.pp64-70.