

METODE PEMBELAJARAN *BRAIN-BASED LEARNING* DENGAN STRATEGI KONSTRUKTIVISME MENINGKATKAN PENALARAN MATEMATIS SISWA

Muh. Sahidun^{1*}, Muchamad Sobri Sungkar²

¹Universitas Bima Sakapenta, Indonesia

²Universitas Harkat Negeri, Indonesia

albawahsudra@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
<p>Submitted: March 7, 2026 Revised: April 26, 2026 Accepted: May 16, 2026</p> <p>Kata Kunci <i>Brain-Based Learning</i>; Konstruktivisme; Penalaran Matematis.</p>	<p>Penelitian ini dilatarbelakangi rendahnya penalaran matematis siswa akibat metode konvensional yang kurang aktif serta belum mengoptimalkan potensi kerja otak dan pembentukan pengetahuan secara mandiri. Tujuan: Tujuan penelitian ini adalah menganalisis peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa melalui penerapan metode <i>brain-based learning</i> berbasis konstruktivisme. Metode: Menggunakan desain eksperimen semu (<i>quasi-experiment</i>), melibatkan 58 siswa. Instrumen penelitian menggunakan tes penalaran matematis mencakup indikator pengenalan pola dan manipulasi matematika. Teknik analisis data menggunakan uji <i>Independent Sample T-test</i>, uji <i>Paired Sample T-test</i>, dan uji <i>N-gain</i> guna mengukur tingkat kemampuan penalaran matematis siswa. Hasil: Hasil penelitian menunjukkan kelas eksperimen mengalami peningkatan rata-rata signifikan 15,65 (Sig. 0,000), melampaui kelas kontrol (6,65). Uji <i>N-gain</i> membuktikan efektivitas <i>brain-based learning</i> mencapai 44,11%, jauh mengungguli kelas kontrol yang hanya 18,17%. Simpulan: Penelitian ini membuktikan bahwa sinergi lingkungan berbasis kerja otak dan konstruksi pengetahuan mandiri signifikan meningkatkan penalaran matematis. Implikasinya, <i>Brain-Based Learning</i> menjadi solusi praktis bagi pendidik untuk mentransformasi pembelajaran konvensional menjadi lebih dinamis, sekaligus melatih siswa memecahkan masalah secara sistematis, aktif, dan mandiri.</p>
<p>Keywords <i>Brain-Based Learning</i>; Constructivism; Mathematical Reasoning.</p>	<p>Abstract</p> <p>This research is prompted by the persistently low levels of students' mathematical reasoning, which often stem from passive conventional teaching methods. Such approaches fail to fully engage cognitive potential or provide sufficient space for autonomous knowledge construction. Purpose: This research aims to analyze the improvement of students' mathematical reasoning abilities through constructivism-based <i>brain-based learning</i> implementation. Method: Employing a quasi-experimental design, this study involved 58 participants. Mathematical reasoning was assessed through a specialized test focusing on pattern recognition and mathematical manipulation. To evaluate progress, the data were processed using Independent and Paired Sample T-tests, alongside <i>N-gain</i> analysis to quantify the improvement in students' reasoning abilities. Results: Results indicate a statistically significant score increase within the experimental class, averaging 15.65 ($p < 0.001$), which exceeds the control class by a margin of 6.65. Evaluation through <i>N-gain</i> scores further validates the effectiveness of <i>Brain-Based Learning</i>, showing a substantial 44.11% improvement compared to the modest 18.17% observed in the control group. Contribution: This study demonstrates that the synergy between a <i>brain-based learning</i> environment and independent knowledge construction significantly enhances mathematical reasoning. Consequently, <i>Brain-Based Learning</i> serves as a practical solution for educators to transform</p>

conventional teaching into a more dynamic approach, while simultaneously training students to solve problems systematically, actively, and independently.

PENDAHULUAN

Penerapan berbagai metode pembelajaran dalam sistem pendidikan pada saat ini guna menciptakan lingkungan belajar yang adaptif (Strielkowski dkk., 2025; Pelánek, 2025). serta sangat membantu siswa dalam mendapatkan pengetahuan teoritis (Adler dkk., 2025; Shekh-Abed., 2025; Wijayanti dkk., 2025), keterampilan praktis (Yeganeh dkk., 2025; Muthmainnah dkk., 2025), dan mampu menghadapi tantangan yang semakin kompleks (Al Nabhani., 2025). Metode pembelajaran *brain-based learning* merupakan metode dalam pengajaran yang mengaitkan strategi dengan cara kerja otak berdasarkan ilmu saraf (Michaelia & Muntazhimah, 2025). Metode ini membentuk suasana belajar yang mendukung pemrosesan informasi secara maksimal dan daya ingat yang efektif (Lagoudakis dkk., 2022; Korkmaz, 2024), serta dapat mengembangkan kemampuan intelektual siswa secara menyeluruh dan berkelanjutan (Rajeshkumar, 2023).

Studi sebelumnya tentang metode pembelajaran dengan memanfaatkan kemampuan otak menunjukkan dengan jelas adanya keterkaitan yang signifikan antara stimulasi kognitif dan aktivitas neuron, secara efektif meningkatkan semangat dan hasil belajar siswa (Jamil dkk., 2021; Alkhassawneh & Al Sharif, 2025). Pencapaian dari metode *brain-based learning* menciptakan suasana belajar yang menyenangkan, dan melibatkan emosi positif, mengelola siswa agar tidak stres, mengoptimalkan kerja otak dalam mengungkap informasi secara mendalam (Kusmawati dkk., 2022).

Sintaks penerapan metode *brain-based learning* melalui urutan langkah yang terencana, mencakup tahap pra-pemaparan, persiapan, inisiasi dan akuisisi, elaborasi, inkubasi, serta penyisipan memori, diakhiri dengan verifikasi dan pemeriksaan (Mahanal dkk., 2023; Sahidun dkk., 2023). Tujuan untuk memastikan bahwa suatu proses dalam kognitif siswa sejalan dengan prinsip-prinsip neurosains agar tercapai pemahaman yang mendalam tentang konsep dan penyimpanan informasi yang optimal (Amjad dkk., 2022). Semua komponen yang disusun dari *brain-based learning* untuk mengaktifkan semua bagian korteks pada otak, sehingga tercipta suatu proses pembelajaran yang sangat berarti dalam penyimpanan memori jangka panjang yang efisien.

Berbagai macam teori pendidikan, diantaranya adalah behaviorisme, kognitivisme, konstruktivisme, serta konektivisme, yang memberikan dasar teoritis secara menyeluruh untuk para pengajar dalam memahami kesulitan proses dalam berpikir, juga menjadi teori terbeut sebagai alat penting dalam mendapatlam pengembangan metode pengajaran yang tepat dengan perubahan kebutuhan sosial budaya serta kemajuan teknologi di zaman sekarang (Mahbub & Beedle., 2025).

Teori konstruktivisme mengungkapkan bahwa siswa merupakan individu yang aktif dalam membangun pengetahuannya sendiri dengan cara mengintegrasikan dan menyesuaikan pengalaman baru ke dalam kerangka berpikir yang sudah ada (Al Abri dkk., 2024; Jumaah., 2024). Dengan demikian, proses belajar tidak lagi hanya sebatas pengiriman informasi, melainkan berubah menjadi pemahaman yang lebih mendalam dan relevan. Indikator dari teori konstruktivisme menerapkan pembelajaran partisipasi siswa yang aktif dalam mentriangulsikan

pengetahuan (Almulla., 2023), adanya berkolaboratif didalam pembelajaran (Mishra., 2023), sebagai penghubung teori dalam pembelajaran dengan dunia nyata (Do dkk., 2023), pemberian kebebasan dalam mencari pengetahuan (Arafah., 2025), serta refleksi kritis terhadap pengalaman yang baru agar dapat membangun kembali struktur pemahaman kognitif secara mandiri dan berkelanjutan (Nyamekye dkk., 2023).

Pada penelitian sebelumnya teori konstruktivisme, mengungkapkan bahwa pendekatan yang berorientasi pada siswa secara signifikan meningkatkan kemampuan analisis kritis (Tsai., 2023), meningkatkan kemandirian dalam proses belajar (Adigun dkk., 2025), dan efektivitas dalam suatu pembelajaran berbantuan kurikulum (Walad dkk., 2024). Implementasi teori konstruktivisme dalam pembelajaran matematika secara esensial bertujuan mengubah pembelajaran dari sekedar mengingat rumus menjadi proses pembentukan struktur kognitif lebih mendalam (Tukur dkk., 2023). Dengan pendekatan konstruktivisme ini, siswa diberi arahan dalam membangun pemahaman atas konsep-konsep abstrak dengan mandiri melalui eksplorasi pada permasalahan dan mencari solusi (Nasution dkk., 2024). Teori konstruktivisme menempatkan penalaran matematis sebagai produk dalam proses berpikir aktif, siswa menghubungkan konsep baru dengan pengalaman sebelumnya untuk membangun pemahaman (Dahroni dkk., 2025). Kemampuan siswa menarik kesimpulan dan menggeneralisasi terjadi secara otomatis saat individu menyelesaikan permasalahan yang memerlukan eksplorasi serta pemeriksaan argumen secara mandiri (Olsson & Granberg., 2024).

Penalaran matematis merupakan kemampuan seseorang dalam berpikir, yang memungkinkan melakukan deduksi logis, menganalisis pola, dan membuat generalisasi berdasarkan prinsip serta karakteristik matematika (Bai dkk., 2025). Penalaran matematis merupakan elemen dasar pemikiran yang dapat digunakan diberbagai bidang, seperti ilmu pengetahuan, teknik, keuangan, serta dalam aktivitas harian (Lu dkk., 2023). Penalaran matematis juga dapat dikatakan suatu keterampilan yang bersifat kognitif dan penting dalam mendukung dalam memecahkan permasalahan dalam berbagai bidang dan aplikasi ilmiah yang bersifat praktis (Mirzadeh dkk., 2024).

Dalam indikatornya, kemampuan penalaran matematis melibatkan proses penyusunan argumen yang sah (Darmayanti dkk., 2022), penyelesaian masalah rumit melalui pemodelan yang bersifat abstrak serta penarikan kesimpulan yang tepat (Angraini dkk., 2023). Rendahnya kemampuan penalaran matematis diakibatkan karena dominasi pembelajaran bersifat prosedural, memfokuskan pada penghafalan rumus tanpa adanya pemahaman mendalam tentang konsep (Palengka & Juniati., 2022).

Selain itu, terbatasnya instrumen evaluasi yang belum berorientasi pada pemecahan masalah non-rutin juga satu satu yang menghambat kemampuan siswa dalam melakukan abstraksi, generalisasi, serta penarikan kesimpulan logis (Zakinah dkk., 2022). Faktor lingkungan belajar yang kurang stimulatif terhadap penalaran matematis serta rendahnya efikasi diri siswa dalam menghadapi kompleksitas persoalan matematika turut memperlemah daya nalar tersebut (Nurlinda dkk., 2024). Beberapa penelitian terkait penalaran matematis menunjukkan hubungan positif antara kemampuan penalaran dengan pemahaman konsep-konsep yang rumit (Anggoro dkk., 2022). Penelitian tersebut menekankan bahwa partisipasi aktif siswa dalam menilai argumen dan merumuskan generalisasi dengan pendekatan penyelidikan secara signifikan dapat mengurangi kendala kognitif (Mukuka dkk., 2023), serta

meningkatkan kemampuan analisis deduktif dalam menyelesaikan masalah matematika (Józsa dkk., 2024).

Penelitian membuktikan bahwa strategi *brain-based learning* dalam proses instruksional mampu memberikan dampak yang signifikan, memperkuat fungsi saraf dengan pendekatan konstruktivisme pada aktivitas mental mandiri dapat secara nyata, diharapkan mampu meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa. Kombinasi kedua pendekatan ini menciptakan lingkungan pembelajaran yang mendukung fleksibilitas otak dalam memahami pola-pola abstrak dan logika matematika. Dengan stimulasi kognitif sehingga sesuai dengan cara kerja otak dan proses rekonstruksi pengetahuan secara aktif, siswa mampu mengoptimalkan atau meningkatkan kemampuan penalaran matematis dengan lebih tepat dan mendalam.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Dalam penelitian menggunakan metode kuantitatif, desain *quasi-experimental* yang memanfaatkan rancangan nonequivalent control group design merupakan implementasi uji awal (*pre-test*) dan uji akhir (*post-test*) diterapkan pada dua subjek penelitian, kelas eksperimen serta kelas kontrol. Untuk mengamati perubahan yang terjadi setelah diberi perlakuan pada kelas eksperimen. (Zhao dkk., 2025). Adapun desain tersebut pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Rancangan Nonequivalent Control Group Design

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O_1	X_1	O_2
Kontrol	O_3	X_2	O_4

Keterangan:

X_1 = Metode *brain-based learning* dengan strategi konstruktivisme

X_2 = Metode konvensional

O_1 = Kelas eksperimen sebelum diberi perlakuan

O_2 = Kelas eksperimen setelah diberi perlakuan

O_3 = Kelas kontrol sebelum diberi perlakuan

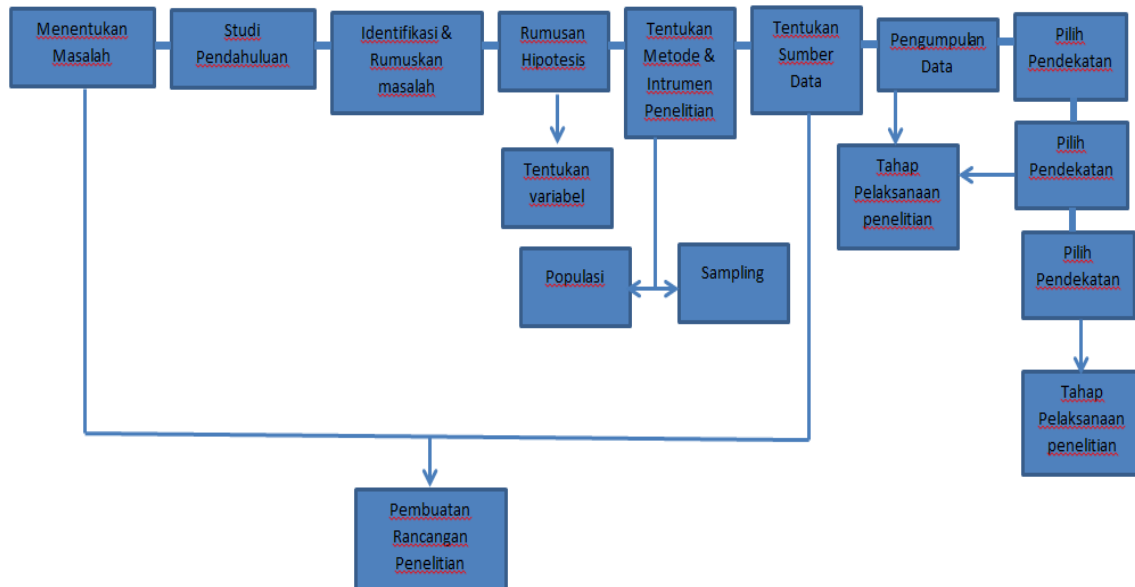
O_4 = Kelas kontrol setelah diberi perlakuan

Subjek

Penelitian ini dilaksanakan di SMK YPE Nusantara Slawi, Kabupaten Tegal, yang melibatkan dua kelompok subjek selama semester ganjil tahun 2025. Pemilihan sampel dilakukan dengan cara purposif, terdiri dari 29 siswa sebagai kelompok kontrol belajar dengan metode konvensional dan 29 siswa sebagai kelompok eksperimen yang menerima metode pembelajaran *brain-based learning* yang disinergikan dengan teori konstruktivisme. Penetapan lokasi dan subjek ini bertujuan untuk memperoleh data empiris yang representatif mengenai keefektifan model pembelajaran yang diterapkan dalam konteks pendidikan kejuruan secara menyeluruh.

Untuk prosedur penelitian mengikuti paradigma positivisme yang menekankan objektivitas dengan urutan secara linier serta deduktif. Proses dimulai dengan cara pengoperasian variabel yang berlandaskan pada teoretis untuk mendapatkan suatu hipotesis yang dapat diukur. Menentukan desain eksperimen atau survei, dan melakukan pengambilan

sampel dengan cara teknik probabilitas. Data angka dianalisis dengan cara menguji statistik inferensial untuk mengonfirmasi teori, tahapan tersebut dirancang guna menghasilkan generalisasi yang tepat dan teruji (Dehalwar & Sharma., 2024). Adapun kerangka desain yang dimaksud dapat dicermati melalui tampilan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Desain

Uji keefektifan metode pembelajaran dilakukan untuk mengukur sejauh mana keberhasilan metode yang diterapkan untuk mencapai tujuan dalam pembelajaran (Kumalasari dkk., 2024). Kriteria tersebut menggunakan tertuang dalam tabel 2

Tabel 2. Kategori Keefektifan N-Gain

Prosentase	Kategori
> 76	Efektif
56 – 75	Cukup Efektif
40 – 55	Kurang Efektif
< 40	Tidak Efektif

Pemberian *pretest* kelas kontrol dan kelas eksperimen sebagai instrumen dalam mengukur kompetensi dasar siswa sebelum adanya perlakuan. Dengan tujuan untuk memastikan bahwa kedua kelompok mempunyai kemampuan yang sama atau tidak jauh berbeda, sehingga dapat meminimalisir bias dalam suatu penelitian. Secara teknis, data *pretest* diuji normalitas dan homogenitas sebagai syarat prasyarat, dilanjutkan dengan analisis komparatif, dalam penelitian ini diproses dengan menerapkan alat uji statistik berupa *independent sample t-test*. Prosedur ini dilakukan untuk menemukan signifikansi perbedaan pada hasil akhir dari perlakuan.

Hasil evaluasi akhir (*posttest*) diperoleh dari kelas eksperimen maupun kelas kontrol berfungsi sebagai alat ukur penguasaan kompetensi siswa setelah diberi perlakuan. Tujuannya mendeteksi perbedaan hasil belajar yang signifikan sebagai dampak dari intervensi variabel bebas. Secara metodologis, data diuji menggunakan *independent sample t-test* dalam

membandingkan rata-rata nilai kedua kelompok. Analisis yang digunakan dalam memastikan bahwa capaian akhir secara empiris.

Analisis *pretest*, *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol dianalisis dengan menggunakan *paired sample t test* untuk menilai perubahan kemampuan penalaran matematis siswa sebelum dan setelah perlakuan. Tujuan pengujian guna memperlihatkan adanya perubahan rata-rata yang berarti dalam kelas yang sama, dengan maksud untuk memastikan bahwa perlakuan metode pembelajaran *brain-based learning* memberikan dampak positif terhadap perkembangan kognitif siswa selama proses belajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

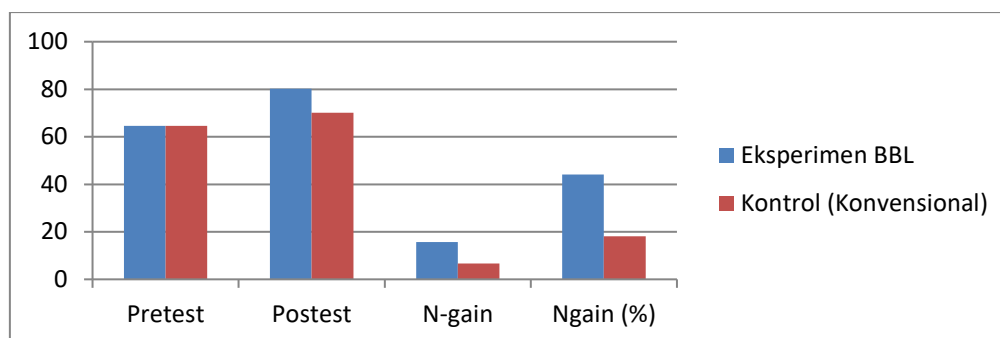
Semua informasi penelitian yang mencakup pengujian syarat statistik, penjelasan capaian kognitif siswa, serta pengujian hipotesis tentang efektivitas pembelajaran disajikan secara menyeluruh dalam tabel ringkasan berikut. Penyajian bertujuan memberikan gambaran terstruktur tentang perubahan penalaran matematis siswa pada kedua kelas penelitian. Dengan menggabungkan parameter deskriptif dan inferensial, nampak jelas adanya perbandingan signifikan antara tingkat pertumbuhan kemampuan kedua kelas (kelas eksperimen dan kelas kontrol). Hal ini menjadi dasar empiris utama untuk menunjukkan keunggulan metode *brain-based learning* dibandingkan dengan pendekatan konvensional dalam proses belajar, yang dapat dilihat lebih lanjut di bawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Statistik Kemampuan Penalaran Matematis

Parameter Analisis	Indikator	Kelas Eksperimen (Brain Based Learning)	Kelas Kontrol (Konvensional)	Keterangan
Uji Persyaratan	Nilai Signifikansi Normalitas	0.191	0.191	Nornal
	Nilai Signifikansi Homogenitas	Pre 0.876 Post 1.000	Hasil Perbandingan Antar Kelas	Homogen
Deskripsi Statistik	Pretest (Kemampuan Awal)	64.52	63.52	Selisih 1.000
	Posttest (Hasil Akhir Setelah Diberi Perlakuan)	80.17	70.17	Selisih 10.00
Analisis Efektifitas	Peningkatan (Gain)	15.65	6.65	Selisih 9.00
	N-Gain (%)	44.11%	18.17%	Kurang Efektif vs Tidak Efektif
Uji Hipotesis	Paired Sample T Test	-65.38	-27.79	$p < 0.05$
	Sig (2-tailed)	0.000	0.000	Signifikan

Sebagai pelengkap untuk penyajian data di atas, perbandingan visual antara hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan capaian skor *pre-test*, *post-test*, dan *N-gain* antara kelas

eksperimen dan kelas kontrol untuk membuktikan efektivitas metode pembelajaran *brain-based learning* diterapkan pembelajara lapangan lebih jelasnya dapat ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Statistik Kemampuan Penalaran Matematis

Analisis prasyarat uji pada normalitas menunjukkan nilai sebesar $0.191 > 0.05$, menandakan data berdistribusi normal, homogenitas sebesar 0.876 pada *pretest* menunjukkan sebelum perlakuan diberikan, kedua kelas memiliki varians data yang sebanding. nilai 1.000 pada *posttest* menunjukkan homogenitas yang sempurna setelah perlakuan. Hal ini metode pembelajaran *brain-based learning* memberikan dampak yang konsisten dan merata kepada semua siswa.

Deskripsi statistik (capaian kognitif) pada tahap awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan awal siswa dua kelas memulai dari posisi yang hampir serupa dengan perbedaan hanya 1.00 poin, yaitu 64.52 , kelas eksperimen, serta 63.52 untuk kelas kontrol. Untuk memastikan keberhasilan eksperimen tidak disebabkan oleh kemampuan awal siswa. Pada capaian akhir (*posttest*), terdapat perbedaan hasil yang signifikan sebesar 10.00 poin. Kelas eksperimen memperoleh nilai 80.17 , sementara itu, kelas kontrol mendapatkan 70.17 . Dalam konteks pendidikan, nilai 80 mengindikasikan pemahaman materi yang jauh lebih unggul dibandingkan dengan nilai 70 .

Analisis efektivitas terhadap Peningkatan (Gain) kelas eksperimen menunjukkan peningkatan kemampuan sebesar 15.65 poin, kelas kontrol sebesar 6.65 poin. Menunjukkan bahwa metode pembelajaran *brain-based learning* mempercepat proses belajar 2.3 kali lebih efektif dibanding metode konvensional. Skor *N-gain* pada tingkat keefektifan kelas eksperimen dengan metode *brain-based learning* tergolong sedang ($44,11\%$), sedangkan pada kelas konvensional terklasifikasi dalam kategori Rendah ($18,17\%$). Perbedaan pada efektivitas mencapai $25,94\%$ ini menandakan dengan jelas bahwa keunggulan penerapan strategi konstruktivisme dalam suasana pembelajaran yang mendukung perkembangan otak.

Uji Hipotesis pada paired sample t-test bahwa nilai hitung kelas eksperimen -65.38 , dan nilai kelas kontrol sebesar -27.79 , dari data menunjukkan perlakuan metode pembelajaran *brain-based learning* memberikan perubahan terhadap struktur penalaran matematis siswa. Nilai signifikansi 0.000 ($p < 0.05$), kedua kelas mengonfirmasi bahwa peningkatan tersebut bukan terjadi secara nyata dari proses pembelajaran yang diberlakukan.

Pembahasan

Penggunaan metode pembelajaran *brain-based learning* pada penelitian berhasil menciptakan ekosistem belajar yang mengharmonisasikan instruksi pengajaran cara kerja otak bekerja. Pada

awal proses, penciptaan suasana belajar yang rendah tekanan melalui teknik santai terbukti dapat mengurangi kecemasan terhadap matematika yang sering mengganggu kemampuan kognitif siswa. Dengan kondisi emosi yang lebih stabil, siswa menjadi lebih terbuka terhadap tantangan matematika yang diberikan. Penerapan stimulasi indra dan jeda strategis dalam pembelajaran berbasis otak memastikan bahwa otak siswa tetap dalam tingkat konsentrasi yang optimal, sehingga proses pemindahan informasi ke memori jangka panjang berlangsung lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional.

Integrasi strategi konstruktivisme dalam konteks pembelajaran berbasis otak mengambil peran utama untuk mengembangkan pemahaman kognitif secara mandiri. Siswa tidak lagi dianggap sebagai individu yang tidak memosisikan diri sebagai objek yang pasif, justru mengambil peran aktif untuk proses penyelidikan untuk menemukan konsep-konsep matematika secara mandiri. Kegiatan eksplorasi memberikan rangsangan dalam pembentukan jalur saraf baru pada otak siswa. Melalui proses konstruksi yang terencana, siswa belajar menghubungkan pengetahuan yang sudah ada dengan informasi baru dengan cara yang logis. Ini memastikan bahwa setiap konsep matematika yang dipelajari siswa berlandaskan pada pemahaman yang mendalam, yang menjadi syarat penting untuk pengembangan kemampuan penalaran, sejalan dengan (Hening dkk., 2021) Bahwa memperkuat koneksi sinapsis dapat membuat siswa mampu mengaitkan konsep lama dengan informasi baru secara koheren. Sinergi antar-neuron tersebut meningkatkan ketajaman penalaran matematis dan memori jangka panjang, menghasilkan pemahaman yang tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga bermakna dan aplikatif.

Peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa dapat diamati dengan jelas melalui keberanian siswa dalam mengajukan asumsi serta melakukan manipulasi matematika. Siswa menunjukkan kecenderungan untuk mencoba berbagai pola angka dan simbol sebelum membuat kesimpulan sementara. Ketika siswa mengembangkan rumus sendiri melalui proses pembelajaran, siswa memiliki kemampuan untuk memanipulasi angka dalam matematika saat dihadapkan dengan berbagai jenis soal. Pemahaman yang diperoleh secara mandiri membuat siswa tidak tergantung pada penghafalan prosedur, melainkan pada logika yang teratur. Sebagai hasilnya, ketepatan siswa dalam mengonversi masalah nyata menjadi representasi matematis meningkat secara signifikan.

Siswa menunjukkan perkembangan dalam keterampilan bernarasi ketika menyusun argumen yang logis dan terstruktur. Dalam interaksi sosial melalui diskusi kelompok ataupun individu, siswa dilatih untuk menyampaikan cara berpikir mereka dan menjelaskan solusi rasional kepada teman sejawat. Proses pengungkapan ini mendorong siswa untuk melakukan evaluasi mandiri terhadap proses bernalar. Siswa tidak hanya menemukan hasil akhir, tetapi mampu menguraikan alasan rasional di balik setiap langkah yang diambil. Kegiatan yang dilakukan siswa secara langsung meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa dalam membuktikan pernyataan-pernyataan matematis yang rumit seperti dikatakan oleh (Walkington dkk., 2022) bahwa penalaran dapat mengaitkan ide-ide secara rasional untuk merancang pendekatan yang efektif dalam menyelesaikan masalah. Keterampilan ini memungkinkan siswa untuk memberikan argumen dan menarik kesimpulan yang tepat, sehingga matematika tidak hanya dianggap sebagai sesuatu yang dihafal, tetapi sebagai kerangka berpikir yang teratur dan bermakna.

Kemampuan menarik kesimpulan logis pada siswa menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dalam membuat generalisasi dari berbagai fakta. Kemampuan berpikir matematis telah meningkat karena siswa diberikan waktu yang memadai untuk mempertimbangkan hasil pengetahuan yang dibuat selama tahap verifikasi dalam pembelajaran *brain-based learning*. Siswa menjadi lebih kritis dalam memahami hubungan antar konsep dan mampu menyusun kesimpulan yang sesuai dengan premis yang ada. Secara keseluruhan, perubahan siswa menjadi pemikir yang aktif menunjukkan bahwa kombinasi antara kesiapan mental dan keterlibatan pikiran adalah faktor kunci. Temuan penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan penalaran matematis siswa terjadi secara paling efektif ketika proses pembelajaran menghormati cara kerja alami otak manusia.

Implikasi

Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi pendidik bahwa penerapan metode *brain-based learning* yang disinergikan dengan strategi konstruktivisme dapat menjadi solusi transformatif untuk menggeser pembelajaran matematika dari pendekatan konvensional yang prosedural dan berpusat pada guru menuju lingkungan belajar yang dinamis, aktif, dan berorientasi pada cara kerja alami otak siswa, sehingga tidak hanya meningkatkan penalaran matematis tetapi juga melatih kemandirian belajar, partisipasi aktif, serta kemampuan pemecahan masalah secara sistematis.

Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian Lanjutan

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan subjek yang hanya terbatas pada satu sekolah kejuruan dengan jumlah sampel relatif kecil (58 siswa) serta durasi perlakuan yang terbatas pada satu materi pokok, sehingga generalisasi hasil masih perlu diuji lebih luas. Oleh karena itu, direkomendasikan bagi peneliti selanjutnya untuk memperluas cakupan jenjang pendidikan, menguji pada materi matematika yang berbeda, melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam, serta menambahkan variabel mediasi seperti motivasi belajar atau efikasi diri guna memperkaya pemahaman tentang mekanisme pengaruh *brain-based learning* terhadap penalaran matematis secara lebih komprehensif.

SIMPULAN

Penerapan metode pembelajaran *brain-based learning* dengan strategi konstruktivisme secara nyata memberikan efek positif terhadap peningkatan mutu pembelajaran matematika. Metode *brain-based learning* dengan konstruktivisme dapat menciptakan suasana kelas yang sejalan dengan cara otak berfungsi dalam belajar, sehingga siswa lebih mudah untuk mengasimilasi pengetahuan baru melalui proses berpikir individu maupun kelompok. Akibatnya, pemahaman siswa menjadi lebih mendalam dan merata dibanding metode konvensional. Pendekatan ini terbukti berhasil dalam memaksimalkan potensi kognitif serta mendorong partisipasi aktif siswa dalam membangun pemahaman materi secara bermakna. Penerapan *brain-based learning* berbasis konstruktivisme terbukti secara empiris mengakselerasi kemampuan penalaran matematis siswa. Analisis data menunjukkan rata-rata posttest kelas eksperimen mencapai 80,17, unggul signifikan dibandingkan kelas kontrol sebesar 70,17. Efektivitas ini diperkuat oleh nilai *N-Gain* eksperimen (44,11%) yang jauh melampaui kelas kontrol (18,17%) dengan signifikansi 0,000. Melalui stimulasi lingkungan aman bagi otak, siswa mampu mengonstruksi

pemahaman logis secara mandiri. Sinergi ini menciptakan pola pikir matematis yang lebih terstruktur dan akurat, terbukti lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan kompetensi penalaran siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adigun, O. T., Mpofu, N., & Maphalala, M. C. (2025). Fostering self-directed learning in blended learning environments: A constructivist perspective in Higher Education. *Higher Education Quarterly*, 79(1), e12572. <https://doi.org/10.1111/hequ.12572>
- Adler, I., Warren, S., Norris, C., & Soloway, E. (2025). Leveraging opportunities for self-regulated learning in smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 12(1), 1-34. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00359-w>
- Al Abri, M. H., Al Aamri, A. Y., & Elhaj, A. M. A. (2024). Enhancing student learning experiences through integrated constructivist pedagogical models. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(1), 130-149. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(1\).11](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(1).11)
- Al Nabhani, F., Hamzah, M. B., & Abuhassna, H. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Personalizing Educational Content: Enhancing the Learning Experience and Developing the Teacher's Role in an Integrated Educational Environment. *Contemporary Educational Technology*, 17(2), 1-21 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Alkhasawneh, S., & Al Sharif, H. (2025). Perspectives Of Brain Research (Educational Neuroscience) on the Design and Implementation of Teaching Strategies in Educational Technology. *Journal of Neuroeducation*, 5(2), 14-24. <https://revistes.ub.edu/index.php/joned/>
- Almulla, M. A. (2023). Constructivism learning theory: A paradigm for students' critical thinking, creativity, and problem solving to affect academic performance in higher education. *Cogent Education*, 10(1), 2172929. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2172929>
- Amjad, A. I., Tabbasam, U., & Abbas, N. (2022). The effect of brain-based learning on students' self-efficacy to learn and perform mathematics: Implication of Neuroscience into school psychology. *Pakistan Languages and Humanities Review*, 6(3), 683-695. [https://doi.org/10.47205/plhr.2022\(6-III\)60](https://doi.org/10.47205/plhr.2022(6-III)60)
- Angraini, LM, Larsari, VN, Muhammad, I., & Kania, N. (2023). Generalisasi dan penalaran analogis siswa SMP dilihat dari teori belajar Bruner. *Infinity Journal* , 12 (2), 291-306. <https://doi.org/10.22460/infinity.v12i2.p291-306>
- Arafah, M., Rijal, S., Satar, S., & Sulfiani, B. (2025). The Study of Constructivistic Learning Experience, Democratic Attitude, Learning Independence & Learning Motivation of Senior High School Students at Wajo Regency South Sulawesi. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 10(1), 213-227. : <https://doi.org/10.25217/ji.v10i1.4905>
- Dahroni, D., Saputra, Z. A., Restiani, H., Ayu, M., & Pratiwi, R. H. (2025). Perbandingan Efektivitas Pembelajaran Deep Learning dan Diferensiasi terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Penalaran Matematika Siswa SMP. *Aljabar: Jurnal Ilmuan Pendidikan, Matematika dan Kebumihan*, 1(3), 124-140. <https://doi.org/10.62383/aljabar.v1i3.683>
- Darmayanti, R., Sugianto, R., Muhammad, Y., & da Silva Santiago, P. V. (2022). Analysis of Students' Adaptive Reasoning Ability in Solving HOTS Problems Arithmetic Sequences and Series in Terms of Learning Style. *Numerical: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 73-90. <https://doi.org/10.25217/numerical.v6i1.2340>

- Dehalwar, K. S. S. N., & Sharma, S. N. (2024). Exploring the distinctions between quantitative and qualitative research methods. *Think India Journal*, 27(1), 7-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10553000>
- Jamil, N., Belkacem, A. N., Ouhbi, S., & Guger, C. (2021). Cognitive and affective brain-computer interfaces for improving learning strategies and enhancing student capabilities: A systematic literature review. *Ieee Access*, 9, 134122-134147. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3115263](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3115263)
- Józsa, K., Oo, T. Z., Borbélyová, D., & Podráczky, J. (2024). Deductive Reasoning Skills in Children Aged 4–8 Years Old. *Journal of Intelligence*, 12(3), 1-29. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12030033>
- Jumaah, F. M. (2024). Exploring constructivist learning theory and its applications in teaching English. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*, 6(08), 7-19. <https://doi.org/10.37547/tajssei/Volume06Issue08-02>
- Korkmaz, B. C. (2024). An Investigation of Brain-Based Learning Principles in Today's Changing Conditions. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 801-825. <https://doi.org/10.34056/aujef.1331728>
- Kumalasari, N., Fathurohman, I., & Fakhriyah, F. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Kearifan Lokal Daerah Grobogan untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Paedagogy*, 10(2), 554-563. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i2.7190>
- Kusmawati, A. P., Yufiarti, Y., & Supena, A. (2022). Brain based learning in civics learning to grow the responsible attitude of elementary school students. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 6(3), 534-540. <https://doi.org/10.23887/jisd.v6i3.46126>
- Lagoudakis, N., Vlachos, F., Christidou, V., & Vavougiou, D. (2022). The effectiveness of a teaching approach using brain-based learning elements on students' performance in a Biology course. *Cogent Education*, 9(1), 2158672. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2158672>
- Lu, P., Qiu, L., Yu, W., Welleck, S., & Chang, K. W. (2023). A survey of deep learning for mathematical reasoning. In *Proceedings of the 61st annual meeting of the association for computational linguistics (volume 1: long papers)* (pp. 14605-14631). [10.18653/v1/2023.acl-long.817](https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.817)
- Mahanal, S., Nuraini, N., & Susilo, H. (2023). Model pembelajaran berbasis otak - membaca, pemetaan pikiran, dan berbagi (BBLRMS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif calon guru biologi. *Jurnal Pendidikan dan Instruksi Pegem*, 13 (3), 191-202. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.03.20>
- Mahbub, A., & Beedle, J. (2025). Behaviorists, Cognitivists, and Constructivists Learning Theories: A Comparison And Application In Instructional Design. *European Journal of Education Studies*, 12(6),271-281. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v12i6.6047>
- Michaelia, N., & Muntazhimah, M. (2025). Does Brain-Based Learning Improve Mathematical Reflective Thinking Ability in Quadratic Functions?: A Quasi-Experimental Study. *Jurnal Paedagogy*, 12(4), 1053-1063. <https://doi.org/10.33394/jp.v12i4.16981>
- Mirzadeh, I., Alizadeh, K., Shahrokhi, H., Tuzel, O., Bengio, S., & Farajtabar, M. (2024). Gsm-symbolic: Understanding the limitations of mathematical reasoning in large language models. *arXiv preprint arXiv:2410.05229*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.05229>
- Mishra, N. R. (2023). Constructivist approach to learning: An analysis of pedagogical models of social constructivist learning theory. *Journal of research and development*, 6(01), 22-29. <https://doi.org/10.3126/jrdn.v6i01.55227>
- Mukuka, A., Balimuttajjo, S., & Mutarutinya, V. (2023). Teacher efforts towards the development of students' mathematical reasoning skills. *Heliyon*, 9(4), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e147>

- Muthmainnah, M., Cardoso, L., Marzuki, A. G., & Al Yakin, A. (2025). A new innovative metaverse ecosystem: VR-based human interaction enhances EFL learners' transferable skills. *Discover Sustainability*, 6(1), 6-156. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00913-7>
- Nasution, H. H., Siregar, M. A. P., Siregar, Y. A., Hasratuddin, H., & Sinaga, B. (2024). Kajian Deskriptif Pendekatan Konstruktivisme Melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Terhadap Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *LOKAKARYA*, 3(2), 202-210. <http://dx.doi.org/10.30821/lokakarya.v3i2.4184>
- Nurlinda, E., Azis, Z., & Nasution, M. D. (2024). Students' Mathematical Reasoning Ability and Self-Efficacy Viewed from the Application of Problem Based Learning and Contextual Teaching and Learning Models Assisted. *JMEA: Journal of Mathematics Education and Application*, 3(2), 54-61. <https://doi.org/10.30596/jmea.v3i2.20329>
- Nyamekye, E., Zengulaaru, J., & Nana Frimpong, A. C. (2023). Junior high schools teachers' perceptions and practice of constructivism in Ghana: The paradox. *Cogent Education*, 10(2), 2281195. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2281195>
- Olsson, J., & Granberg, C. (2024). Teacher-student interaction supporting students' creative mathematical reasoning during problem solving using Scratch. *Mathematical Thinking and Learning*, 26(3), 278-305. <https://doi.org/10.1080/10986065.2022.2105567>
- Palengka, I., & Juniati, D. (2022). Mathematical reasoning of prospective mathematics teachers in solving problems based on working memory capacity differences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12), em2193. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12670>
- Pelánek, R. (2025). Adaptive learning is hard: Challenges, nuances, and trade-offs in modeling. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35(1), 304-329. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00400-6>
- Rajeshkumar, M. (2023). Correlation between Teachers Knowledge Beliefs and Frequency of Implementation of Brain Based Learning Strategies. *Journal of Enterprise and Business Intelligence*, 3(4), 190-200. : <https://doi.org/10.53759/5181/JEBI202303019>
- Sahidun, M., Suyitno, A., & Pujiastuti, E. (2023). Mathematical critical thinking ability through Brain based learning model in view of self-regulated learning. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 6(2), 177-185. <https://doi.org/10.33122/ijtmr.v6i2.213>
- Shekh-Abed, A. (2025). Metacognitive self-knowledge and cognitive skills in project-based learning of high school electronics students. *European Journal of Engineering Education*, 50(1), 214-229. <https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2374479>
- Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2025). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 33(2), 1921-1947. <https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- Tsai, C. A., Song, M. Y. W., Lo, Y. F., & Lo, C. C. (2023). Design thinking with constructivist learning increases the learning motivation and wicked problem-solving capability—An empirical research in Taiwan. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 101385. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101385>
- Tukur, U., OLAOYE, A., & AUDU, H. (2023). Effect of constructivism based blended learning approach on senior secondary school student mathematics academic performance and retention of in Katsina State. *Central asian journal of mathematical theory and computer sciences*, 4(4), 46-57. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/8YWX5>
- Walkington, C., Nathan, MJ, Wang, M., & Schenck, K. (2022). Pengaruh relevansi kognitif tindakan terarah terhadap penalaran matematika. *Ilmu Kognitif*, 46 (9), e13180. <https://doi.org/10.1111/cogs.13180>

- Wijayanti, Y. T., Nurhanifah, D., Asmi, A. S., Suprpto, S., & Rahagia, R. (2025). Perception of Nursing Students on Clinical Teaching and Learning of Public Health Nurses: A Descriptive Qualitative Approach. *The Malaysian Journal of Nursing (MJN)*, 16(4), 142-151. <https://doi.org/10.31674/mjn.2025.v16i04.014>
- Yeganeh, L. N., Fenty, N. S., Chen, Y., Simpson, A., & Hatami, M. (2025). The future of education: A multi-layered metaverse classroom model for immersive and inclusive learning. *Future Internet*, 17(2), 1-55. <https://doi.org/10.3390/fi17020063>
- Zakinah, W. R., Inganah, S., & Nadlifah, M. (2022). Analysis of Students' Reasoning Ability in Solving Non-Routine Math Problems in terms of Learning Style. *Mathematics Education Journal*, 6(2), 217-228. <https://doi.org/10.22219/mej.v6i2.23048>
- Zhao, Y., Yue, Y., Sun, Z., Jiang, Q., & Li, G. (2025). Does Generative Artificial Intelligence Improve Students' Higher-Order Thinking? A Meta-Analysis Based on 29 Experiments and Quasi-Experiments. *Journal of Intelligence*, 13(12), 1-21. <https://doi.org/10.3390/jintelligence13120160>