

Pengaruh *brain-based learning* berbantuan *PhET interactive simulations* terhadap kemampuan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar

Tri Suryaningsih^{1, a *}, Asep Supena^{2, b}

¹ Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jl. Ir. H. Juanda No. 95, Banten, Indonesia

² Universitas Negeri Jakarta. Jl. R.Mangun Muka Raya No.11, Jakarta, Indonesia

^a tri.suryaningsih@uinjkt.ac.id;

Receipt: 24 May 2024; Revision: 14 August 2024; Accepted: 27 August 2024

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dan efektivitas *brain-based learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar. Metode yang digunakan adalah quasi eksperimen dengan desain one group pretest-posttest. Sampel terdiri dari 28 siswa kelas IV di sebuah sekolah dasar di Jakarta Selatan yang dipilih secara acak. Penelitian dilaksanakan pada 4-29 Maret 2024. Siswa diberikan tes pemahaman konseptual matematika sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) penerapan *brain-based learning* berbantuan *PhET*. Data dianalisis menggunakan *paired sample t-test* untuk mengukur pengaruh dan Uji *N-Gain* untuk efektivitas. Hasil analisis *paired sample t-test* menunjukkan nilai sig sebesar $0,00 < 0,05$, yang mengindikasikan adanya pengaruh signifikan *brain-based learning* berbantuan *PhET* terhadap pemahaman konseptual matematika siswa. Uji *N-Gain* menunjukkan rata-rata presentasi sebesar 59,94%, yang berarti *brain-based learning* berbantuan *PhET* cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi *BBL* dan *PhET Interactive Simulations* efektif meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah dasar.

Keywords: Brain-Based Learning, *PhET Interactive Simulations*, Pemahaman Konseptual, Pecahan, Sekolah Dasar

The effect of *brain-based learning* assisted by *PhET interactive simulations* on elementary school students' mathematical conceptual understanding ability

Abstract: This study aims to examine the impact and effectiveness of *brain-based learning* supported by *PhET Interactive Simulations* on elementary students' conceptual understanding of mathematics. The research method employed is a quasi-experimental design with a one-group pretest-posttest approach. The sample consisted of 28 fourth-grade students from an elementary school in South Jakarta, selected randomly. The study was conducted from March 4 to March 29, 2024. Students were given a conceptual understanding test in mathematics both before (*pretest*) and after (*posttest*) the implementation of *brain-based learning* supported by *PhET*. Data were analyzed using a *paired sample t-test* to measure the impact and the *N-Gain* test to assess effectiveness. The *paired sample t-test* analysis showed a significance value of $0.00 < 0.05$, indicating a significant impact of *brain-based learning* supported by *PhET* on students' conceptual understanding of mathematics. The *N-Gain* test revealed an average score of 59.94%, suggesting that *brain-based learning* supported by *PhET* is fairly effective in enhancing students' conceptual understanding. These findings indicate that the integration of *brain-based learning* and *PhET Interactive Simulations* effectively improves the quality of mathematics education in elementary schools.

Keywords: *Brain-Based Learning, PhET Interactive Simulations, Conceptual Understanding, Fractions, Elementary School*

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



PENDAHULUAN

Matematika memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan untuk membina dan membentuk manusia berkualitas. Pembelajaran matematika berkontribusi dalam pengembangan kemampuan berpikir logis, kritis, analitis, dan sistematis. Pembelajaran matematika yang efektif di sekolah adalah pembelajaran yang mampu membuat siswa kompeten dalam bidang studi sesuai dengan tujuan yang diharapkan (Suryaningsih et al., 2024). Kompetensi dan pembelajaran matematika sangat diperlukan untuk mengatasi berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari (Suryaningsih, 2019b). Pemecahan masalah matematika melibatkan berbagai proses sosial dari yang sederhana hingga yang kompleks (Suryaningsih, 2019a), dan banyak siswa menganggap matematika sebagai mata pelajaran yang menantang (Simanjuntak et al., 2021), menuntut, dan tidak menarik (Almerino, Jr. et al., 2019). Banyak siswa yang kesulitan dalam matematika karena kurangnya kepercayaan diri dalam kemampuan mereka untuk menyelesaikan masalah matematika (Sudarwo & Adiansha, 2022). Karakteristik kesulitan yang dialami oleh siswa Sekolah Dasar dalam pembelajaran meliputi abnormalitas persepsi visual-spasial. Kesulitan ini ditandai dengan tantangan dalam menulis dan menggambar, serta kesulitan dalam memahami berbagai objek yang berkaitan dengan kumpulan objek (Anggraeni et al., 2020).

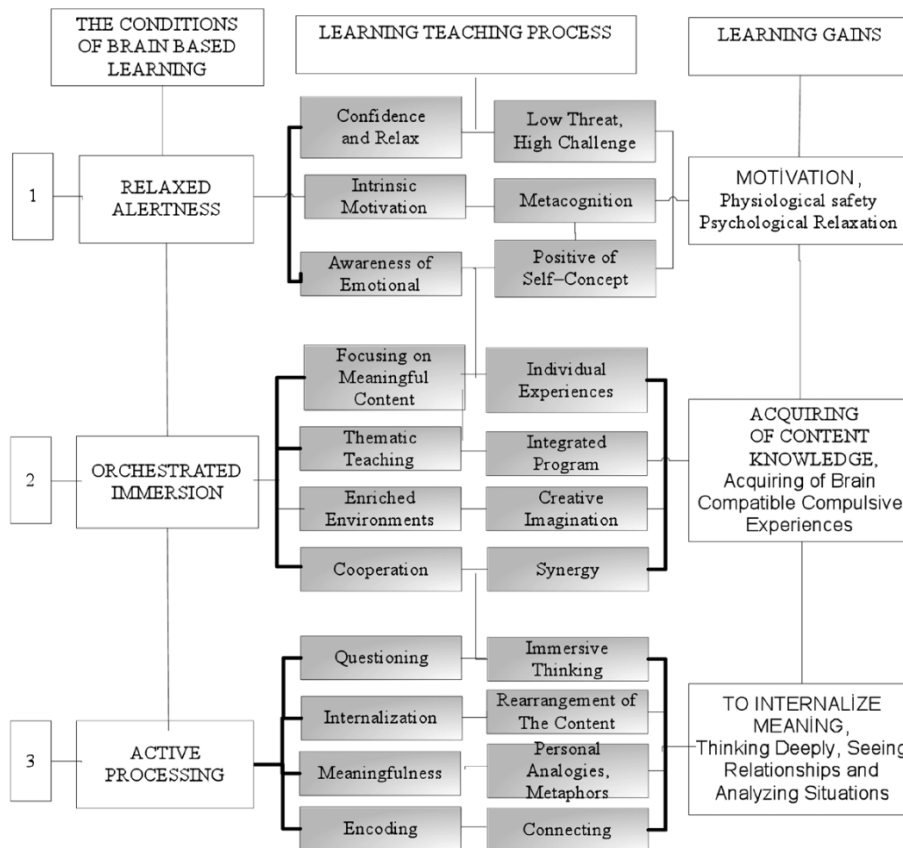
Pemahaman konsep matematika sangat penting karena merupakan dasar bagi pembelajaran lanjutan, memungkinkan siswa memahami materi yang lebih kompleks di masa depan (Febriyanty et al., 2021; Suryaningsih et al., 2023). Selain itu, pemahaman konsep matematika menjadi landasan siswa mampu memiliki keterampilan pemecahan masalah, memungkinkan siswa menerapkan pengetahuan dalam berbagai situasi secara logis dan efektif (Nurani et al., 2021). Matematika juga melatih berpikir kritis dan analitis, membantu siswa menganalisis masalah dan menarik kesimpulan yang tepat (Arifin et al., 2023). Dalam kehidupan sehari-hari, pemahaman konsep matematika memudahkan penggunaan matematika dalam konteks praktis, seperti mengatur anggaran atau memahami infografis dari suatu data statistik (Suryaningsih et al., 2024). Lebih lanjut, siswa yang memahami konsep matematika cenderung lebih percaya diri dan termotivasi dalam belajar, yang berdampak positif pada prestasi akademik mereka (Endramawati, 2021).

Pemahaman konsep matematika adalah aspek fundamental dalam pendidikan yang memiliki dampak luas terhadap kemampuan akademik dan keterampilan sehari-hari siswa (Arifin et al., 2023). Kemampuan matematika mencakup beberapa aspek, salah satunya adalah pemahaman konseptual, siswa menunjukkan pemahaman konseptual dalam matematika ketika mereka mampu mengenali, memberi label, dan membuat contoh konsep; menggunakan dan menghubungkan model, diagram, alat peraga, dan berbagai representasi konsep; mengidentifikasi dan menerapkan prinsip-prinsip; mengetahui dan menggunakan fakta serta definisi; membandingkan, mengkontraskan, dan mengintegrasikan konsep dan prinsip yang terkait; serta mengenali, menafsirkan, dan menggunakan tanda, simbol, dan istilah yang merepresentasikan konsep. Pemahaman

konseptual menggambarkan kemampuan siswa untuk bernalar dalam situasi yang memerlukan penerapan definisi konsep, hubungan, atau representasi dengan cermat (Binkley et al., 2003). Sinan et al., (2007) mengartikan pemahaman konseptual sebagai pembelajaran mendalam di mana hubungan dan kesamaan antara konsep dapat dijelaskan dengan jelas, serta konsep-konsep tersebut dapat diterapkan di lingkungan baru dan digunakan untuk memecahkan masalah sehari-hari. Dari pendapat para ahli di atas, maka dapat dikatakan pemahaman konsep matematika merupakan elemen mendasar dalam pendidikan yang sangat penting untuk kemampuan akademik dan keterampilan sehari-hari siswa. Pemahaman konseptual dalam matematika mencakup kemampuan siswa untuk mengenali, menghubungkan, dan menerapkan konsep, prinsip, serta representasi matematika dalam berbagai situasi. Pemahaman ini tidak hanya tentang menghafal definisi, tetapi juga tentang menerapkan konsep dalam konteks baru dan memecahkan masalah sehari-hari, menunjukkan kedalaman pemahaman dan kemampuan untuk berpikir secara kritis dan analitis dalam matematik.

Scott et al (2007) menggambarkan pemahaman konseptual sebagai akumulasi, penyempurnaan, dan penggabungan konsep-konsep untuk membentuk struktur kognitif yang lebih kaya. Dengan demikian, pengembangan pemahaman konseptual adalah proses yang melibatkan penyusunan konsep secara mendalam. Konicek-Moran & Keeley, (2015) menyatakan bahwa konsep adalah elemen dasar dari ide dan definisi, mereka menekankan bahwa ketika siswa memahami sebuah konsep, mereka dapat berpikir dengan konsep tersebut, menggunakannya di berbagai konteks, menyatakannya dengan kata-kata siswa sendiri, menemukan analogi atau metafora untuknya, dan membangun model mental atau fisik darinya. Dengan kata lain, siswa telah benar-benar memahami dan menginternalisasi konsep tersebut. Singkatnya, jika siswa dapat menginternalisasi dan menerapkan konsep, siswa telah mengembangkan pemahaman konseptual. Berdasarkan hal ini, mengembangkan pemahaman konseptual yang kuat dalam pembelajaran matematika sangat penting untuk mengubah pengetahuan sains siswa menjadi keterampilan praktis dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan dan memantau pemahaman konseptual dalam kurikulum matematika.

Fakta di lapangan hasil tes awal tentang kemampuan pemahaman konseptual matematika yang dilakukan pada Februari 2024 di kelas 4 salah satu SD negeri di Jakarta Selatan, menunjukkan bahwa pemahaman konsep matematika di kalangan siswa masih kurang memadai, yang berdampak negatif pada kinerja akademik dan kesiapan siswa dalam menghadapi tantangan masa depan. Salah satu penyebab utama hasil belajar matematika siswa rendah disebabkan oleh tingkat kemampuan pemahaman konsep matematis yang rendah juga (Febriani et al., 2019). Secara keseluruhan, hasil belajar tersebut dapat kita lihat dari hasil survei "*PISA (Programme for International Student Assessment)*" yang diadakan rutin setiap 3 tahun sekali oleh *OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)*." Hasil survei PISA 2022 memperlihatkan bahwa Indonesia berada di posisi 66 dari 81 negara dengan nilai rata-rata 366, di mana nilai tersebut masih jauh dari rata-rata nilai OECD yaitu 472 (OECD, 2023). Kurangnya pemahaman ini sering kali berasal dari metode pengajaran yang terlalu berfokus pada hafalan dan penyelesaian soal tanpa menekankan pengertian mendalam. Akibatnya, siswa tidak mampu mengaplikasikan konsep-konsep yang telah dipelajari dalam situasi yang berbeda. Hal ini juga mempengaruhi kepercayaan diri mereka dan minat terhadap matematika, yang pada akhirnya dapat menghambat perkembangan keterampilan berpikir kritis dan analitis.



Gambar 1. Integrasi Prinsip Brain-Based Learning (Duman & Bilal Duman, 2010)

Dalam konteks ini, meningkatkan pemahaman konsep matematika menjadi tujuan penting dalam pendidikan. Guru dan pendidik perlu mencari cara efektif untuk mengajarkan konsep-konsep matematika secara mendalam dan menyeluruh, sehingga siswa tidak hanya memahami bagaimana melakukan sesuatu, tetapi juga mengapa mereka melakukannya. Salah satu solusi permasalahan tersebut adalah pembelajaran dengan menerapkan prinsip *Brain Based Learning*. Se jauh ini belum ada upaya untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa di tingkat Sekolah Dasar menggunakan *Brain Based Learning*. Model ini dapat memfasilitasi optimasi pembelajaran siswa dengan menggunakan fungsi otak secara keseluruhan (Kersey et al., 2019). Pola perkembangan fungsional otak seseorang ditandai dengan tingkat kematangan mereka (Sesmiarni, 2016) Berdasarkan latar belakang ini, akan dibuktikan apakah pembelajaran berbasis otak dapat memfasilitasi peningkatan pemahaman konseptual siswa Sekolah Dasar pada materi pecahan dengan berbantuan *PhET Interactive Simulations*.

Brain Based Learning berakar pada ilmu *neuroscience* (Lim et al., 2019) dan pertama kali digunakan dalam pendidikan di Amerika Serikat pada tahun 1990-an (Ferreira & Rodríguez, 2022). Secara luas, ilmu saraf mempelajari bagaimana otak berfungsi untuk belajar dan mengingat, dari tingkat sel terkecil hingga sirkuit saraf terbesar (Glaser et al., 2019). Belajar dengan sesuai dengan cara kerja otak, seseorang harus mengetahui cara mengajar berdasarkan temuan ahli tentang otak. Mengajar dengan cara yang selaras dengan otak berarti menerapkan prinsip dan teknik yang ditemukan melalui penelitian tentang otak (Ferreira & Rodríguez, 2022). Pemahaman tentang bagaimana otak bekerja, apa yang memengaruhinya, dan pemahaman para peneliti otak mengenai implikasi edukatif dari temuan ini telah meningkat seiring waktu (Tan & Amiel, 2022). Caine & Caine, (1991), salah satu pelopor *Brain Based Learning*, menyebutkan bahwa

pengajaran yang efektif harus mengadopsi tiga pendekatan yang sejalan dengan 12 prinsip *Brain Based Learning*, seperti terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Praktik Matematika dan *PhET Interactive Simulations* (Meadows & Caniglia, 2019)

Praktik Pembelajaran Matematika	Hubungan dengan PhET Simulasi
Memahami masalah dan menyelesaikannya	“Siswa yang merasa tidak mengetahui ide-ide yang relevan akan dengan nyaman mengeksplorasi simulasi dan akan mencoba menggunakannya untuk belajar; Namun, siswa yang merasa bahwa siswa harus memahami topik simulasi akan menggunakannya secara kurang efektif dan belajar lebih sedikit dari simulasi tersebut.”
Menalar secara abstrak dan kuantitatif	“Penggunaan representasi yang konsisten, karena ketika sebuah objek direpresentasikan secara berbeda dari satu simulasi ke simulasi lainnya, siswa melihatnya sebagai dua objek yang berbeda, dan ketika objek direpresentasikan dengan cara yang sama, objek-objek tersebut akan dianggap sama, meskipun sebenarnya sama sekali tidak berhubungan.”
Membangun argumen yang layak dan mengkritik alasan orang lain	Simulasi memberikan gambaran umum untuk diskusi. Diskusi sebelum penggunaan simulasi biasanya dimulai dengan cukup panjang tentang seperti apa fenomena itu sebelum siswa dapat mulai mendiskusikan konsepnya - dengan simulasi, bagian ini tidak diperlukan dan siswa lebih percaya diri tentang apa yang siswa diskusikan
Model dengan matematika	“Simulasi secara eksplisit memberikan model mental visual. Simulasi tingkat lanjut secara khusus mengoreksi gambaran yang salah yang telah dibuat oleh siswa dari bacaan dan kuliah” ‘Simulasi yang menampilkan objek sehari-hari yang sudah dikenal mendorong eksplorasi dan mendorong pemahaman’
Gunakan alat yang tepat secara strategis	“Interpretasi dan penggunaan simulasi oleh pengguna sangat bergantung pada pengalaman siswa sebelumnya.”
Memperhatikan presisi	“Para siswa menguji batas-batas simulasi untuk mencari reaksi yang realistis.”
Cari dan manfaatkan struktur	“Ketika siswa menemukan fitur-fitur kecil yang tidak siswa pahami, siswa akan mengeksplorasi bagaimana fitur tersebut mengubah simulasi hingga siswa dapat membuat definisi kerja dari fitur tersebut.”
Mencari dan mengekspresikan keteraturan dalam penalaran yang berulang-ulang	“Simulasi harus ‘rusak’ dengan cara yang berarti ketika didorong secara ekstrem. Namun, harus diperhatikan bahwa ‘pelanggaran’ tersebut tidak terlalu menarik atau dapat dengan mudah menjadi fokus simulasi.”

Sumbu vertikal mewakili *Brain-Based Learning*, "proses belajar-mengajar" berdasarkan kondisi-kondisi ini, dan "pencapaian belajar" pada akhir proses ini. Sumbu horizontal mewakili elemen-elemen yang berkaitan dengan bagaimana ketiga kondisi BBL tersebut dipenuhi dalam proses belajar-mengajar. Dengan penggunaan elemen-elemen ini, pencapaian yang terkait dengan setiap kondisi *Brain-Based Learning* dapat diperoleh. Sekarang, proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut: (1) Pelajaran diawali dengan musik. (2) Suasana yang mendukung persepsi akademis positif tentang konsep diri berdasarkan prinsip-prinsip seperti "setiap otak itu unik dengan kemampuan belajar dan interpretasi yang berbeda" dan "otak adalah prosesor paralel" diatur. (3) Saat istirahat, siswa dianjurkan untuk minum air. (4) Diberikan kesempatan untuk kerja sama dan kerja kelompok guna meningkatkan kesadaran emosional dan relaksasi. Siswa juga diizinkan untuk berjalan-jalan di sekitar kelas untuk berdiskusi bebas dan *brainstorming*. (5) Siswa diberitahu bahwa masing-masing bertanggung jawab untuk mengurangi

stres dan menantang diri mereka sendiri. Siswa menyiapkan portofolio pribadi dan mengevaluasinya. Sepanjang proses belajar-mengajar, suasana kelas yang mendukung "keamanan fisiologis" dan "relaksasi psikologis" diciptakan (Duman & Bilal Duman, 2010).

Brain-Based Learning mendukung pembelajaran dengan mengikuti cara otak secara biologis terstruktur untuk belajar (Solihat et al., 2017). Situasi ini terkait dengan suasana menyenangkan dan perhatian yang damai yang tercipta ketika siswa diberikan tugas yang sulit (Triana, 2019). Untuk menangani masalah dengan sukses, siswa perlu rileks dan menikmati diri siswa sendiri. Guru memastikan bahwa siswa selalu responsif terhadap pembelajaran, maka penting untuk menciptakan suasana belajar yang menantang di mana siswa merasa aman tetapi tetap terlibat dengan risiko minimal dari ancaman fisik di lingkungan siswa (Saleh & Mazlan, 2019).

Brain-based Learning akan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika jika dikombinasikan dengan *PhET Interactive Simulations*. Pembelajaran berbasis otak didasarkan pada prinsip-prinsip ilmiah tentang bagaimana otak belajar secara alami, mencakup penggunaan strategi yang mendorong keterlibatan, pengulangan, dan koneksi emosional untuk memfasilitasi pemahaman mendalam (Kusaeri et al., 2022). Ketika dikombinasikan dengan *PhET Interactive Simulations*, yang menawarkan representasi dinamis dan interaktif dari konsep-konsep abstrak, model ini dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif dan menyenangkan. *PhET Interactive Simulations* memberikan visualisasi konkret dari konsep matematika yang kompleks, memungkinkan siswa untuk bereksperimen dan melihat hasil langsung dari perubahan yang mereka buat dalam simulasi (Perkins, 2020). Hal ini sejalan dengan prinsip *brain-based learning* yang menekankan pentingnya pembelajaran aktif dan umpan balik cepat. *PhET Interactive Simulations* juga mendukung pembelajaran multisensori dengan menggabungkan elemen visual, auditori, dan kinestetik, yang membantu memperkuat pemahaman konseptual.

Banyak aplikasi komputer dan simulasi telah dikembangkan yang dapat mendukung transisi antara representasi, mulai dari grafik hingga sistem multi-representasi. *PhET Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu>) memberikan sifat dinamis pada berbagai representasi dengan menjadikan konsep abstrak menjadi konkret, mendukung lingkungan inkuiri, serta memungkinkan beberapa percobaan dan siklus umpan balik yang cepat, sambil tetap menarik dan menyenangkan bagi siswa dan guru (Meadows & Caniglia, 2019). *PhET Interactive Simulations* mudah diakses secara online. *PhET Interactive Simulations* dibuat oleh tim ahli konten, pendidikan, dan desain antarmuka, bersama dengan guru berpengalaman, pengembang perangkat lunak profesional dari *University of Colorado*. Setiap simulasi juga didasarkan pada wawancara dengan siswa. Secara keseluruhan, menggabungkan model *brain-based learning* dengan *PhET Interactive Simulations* dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan bermakna bagi siswa. Model ini tidak hanya membantu dalam memahami konsep matematika secara lebih baik, tetapi juga meningkatkan pemahaman konseptual yang esensial dalam pendidikan modern. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Apakah terdapat pengaruh Pembelajaran *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* terhadap kemampuan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar? (2) Apakah Pembelajaran *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* efektif dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar?

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen semu (*Quasi Experimental*) dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design* (Arikunto, 2019). Dalam desain ini, dilakukan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan. Hal ini memungkinkan hasil perlakuan diketahui dengan lebih akurat karena dapat dibandingkan dengan kondisi sebelum perlakuan diberikan. Desain ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar". Tabel 2 adalah desain penelitian *One Group Pretest-Posttest Design*.

Tabel 2. Skema *One Group pre-test post-test design*

Pre-Test	Treatment	Post-Test
T ₁	X	T ₂

Keterangan:

T1: Test Awal (*Pre-test*) dilakukan sebelum diberi perlakuan

X: Perlakuan (*Treatment*) diberikan kepada siswa dengan *Brain Based Learning* Berbantuan *PhET Interactive Simulations*

T2: Test Akhir (*Post-test*) dilakukan sebelum diberi perlakuan

Alur penelitian dimulai dengan pemberian tes awal (*pretest*) untuk mengukur pemahaman konseptual matematika siswa sebelum perlakuan. Siswa kemudian mengikuti pembelajaran matematika berbasis *Brain Based Learning* yang memanfaatkan *PhET Interactive Simulations*. Pendekatan *Brain Based Learning* dirancang untuk menyesuaikan cara otak secara alami belajar dan memproses informasi, sementara *PhET Interactive Simulations* membantu memvisualisasikan dan memahami konsep-konsep abstrak. Di sisi lain, kelompok kontrol menjalani pembelajaran matematika konvensional tanpa menggunakan metode *Brain Based Learning* dan *PhET Interactive Simulations*. Setelah periode pembelajaran selesai, semua siswa diberikan tes akhir (*posttest*) yang sama dengan pretest untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa.

Sampel Penelitian ini adalah siswa kelas IVB di SD Negeri Jakarta Selatan pada tahun ajaran 2023/2024, dengan jumlah siswa sebanyak 28 anak. Data di ambil pada rentang waktu 4 Maret 2024 - 29 Maret 2024. Dalam penelitian ini, digunakan metode sampling yaitu purposive sampling. Purposive sampling adalah metode pengambilan sampel yang dilakukan dengan pertimbangan khusus (Hardani, 2020).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes pemahaman konseptual matematika yang sesuai dengan kurikulum kelas IV sekolah dasar dan telah divalidasi oleh ahli di bidang pendidikan dasar, dan juga sudah di uji validitas dan reliabilitas. Data dari hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan Uji-T yaitu dengan uji paired sample t-test untuk membandingkan rata-rata dua set data yang berhubungan, yaitu sebelum dan sesudah perlakuan pada kelompok yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Uji Pengaruh

Hasil analisis data *pre-test* dan *post-test* siswa dengan menggunakan Uji-T melalui SPSS 25 dengan uji Paired Sample t-test diperoleh data pada Tabel 3. Berdasarkan informasi pada Tabel 3, diketahui bahwa dari hasil output SPSS pada tabel *Paired Samples Statistics*, terdapat perbedaan antara tingkat pemahaman konseptual peserta didik, rata-rata pada kelompok *pre-test* adalah 65,36 dan rata-rata kelompok *post-*

test adalah 86,50 setelah menerapkan pembelajaran Brain-Based Learning berbantuan *PhET Interactive Simulations*. Namun, untuk memastikan signifikansi perbedaan ini, perlu dilakukan analisis lebih lanjut guna menentukan apakah perbedaan tersebut signifikan secara statistik atau tidak yang bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Output SPSS Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pemahaman konseptual awal	65,36	28	9,350	1,767
	Pemahaman konseptual akhir	86,50	28	3,949	0,746

Tabel 4. Hasil Output SPSS Paired Samples Test

	Mean	Std. Dev.	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Low.	Up			
Pair 1 Pemahaman konseptual awal-Pemahaman konseptual akhir	-21,143	8,136	1,538	-24,298	-17,988	-13,750	27	,000

Berdasarkan Tabel 4, terdapat perbedaan yang bermakna atau signifikan apabila nilai Sig. (2-tailed) < 0,05. Sebaliknya, tidak terdapat perbedaan yang bermakna atau tidak signifikan apabila nilai Sig. (2-tailed) > 0,05. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05. Artinya, ada perbedaan yang bermakna atau signifikan antara pemahaman peserta didik sebelum dan setelah menggunakan pembelajaran *Brain Based learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations*. Berdasarkan hasil uji beda menggunakan Paired-Sample T-test antara pemahaman awal dan akhir peserta didik dapat disimpulkan ada perbedaan yang signifikan, atau dapat kita katakan bahwa pembelajaran dengan *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan Pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar. Oleh karena itu, analisis perubahan/peningkatan hasil belajar peserta didik dapat dilihat dari hasil Uji N-Gain.

Uji Efektifitas

Hasil analisis skor *pre-test* dan *post-test* siswa, didapatkan skor N-Gain dan kriteria peningkatan yang dialami oleh masing-masing siswa seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman Analisis Skor N-Gain Siswa

No.	Pre-Test	Post-Test	N-Gain Skor	% N-Gain	Peningkatan	No.	Pre-Test	Post-Test	N-Gain Skor	% N-Gain	Peningkatan
1.	74	88	,54	53,85	Sedang	15	46	84	,70	70,37	Tinggi
2.	60	84	,60	60,00	Sedang	16	48	86	,73	73,08	Tinggi
3.	58	86	,67	66,67	Sedang	17	68	80	,38	37,50	Sedang
4.	68	84	,50	50,00	Sedang	18	78	92	,64	63,64	Sedang
5.	56	82	,59	59,09	Sedang	19	60	90	,75	75,00	Tinggi
6.	54	84	,65	65,22	Sedang	20	82	90	,44	44,44	Sedang
7.	52	82	,63	62,50	Sedang	21	64	78	,39	38,89	Sedang
8.	68	86	,56	56,25	Sedang	22	68	80	,38	37,50	Sedang
9.	60	88	,70	70,00	Tinggi	23	56	88	,73	72,73	Tinggi
10.	68	88	,63	62,50	Sedang	24	72	90	,64	64,29	Sedang
11.	68	90	,69	68,75	Sedang	25	70	88	,60	60,00	Sedang
12.	78	96	,82	81,82	Tinggi	26	74	88	,54	53,85	Sedang
13.	76	88	,50	50,00	Sedang	27	60	84	,60	60,00	Sedang
14.	66	86	,59	58,82	Sedang	28	58	86	,67	66,67	Sedang

Berdasarkan hasil analisis yang telah dirangkum pada Tabel 5. teridentifikasi ada peningkatan pemahaman 6 dari 28 peserta didik (21,42%) pada kategori “Tinggi”.

Secara keseluruhan N-Gain Skor rata-rata sebesar 0,599 dan termasuk dalam kategori peningkatan pemahaman “Sedang”. Penentuan efektivitas penerapan pembelajaran *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* untuk meningkatkan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar dapat dilihat dari persentase N-Gain. Sementara, presentase N-Gain dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Output SPSS Presentase N-Gain

Descriptive		Statistic	Std.Error
Ngain_Persen	mean	59,9426	2,13749
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower Bound Upper Bound	55,5569 64,3284
	5% Trimmed Mean	60,0824	
	Median	61,2500	
	Variance	127,928	
	Std. Deviation	11,31052	
	Minimum	37,50	
	Maximum	81,82	
	Range	44,32	
	Interquartile Range	14,21	
	Skewness	-,450	,441
	Kurtosis	-,106	,858

Penentuan efektivitas penerapan pembelajaran *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* untuk meningkatkan pemahaman konseptual Matematika siswa Sekolah Dasar dapat dilihat dari persentase N-Gain. Persentase N-Gain yang diperoleh sebesar 59,94%, dan masuk dalam kategori “Cukup Efektif”.

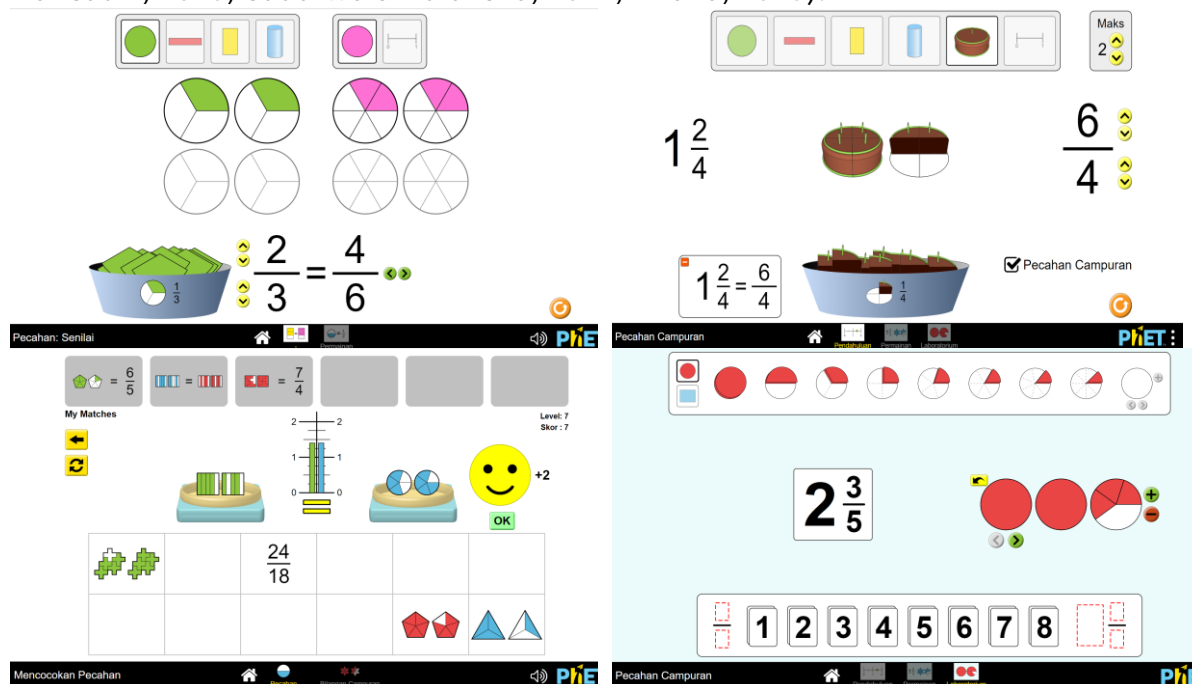
Pembahasan

Peningkatan pemahaman konsep matematika yang signifikan pada kelas setelah diberi perlakuan menunjukkan bahwa penggunaan *Brain-Based Learning* yang didukung oleh *PhET Interactive Simulations* efektif dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konseptual siswa. Sesuai dengan teori *Brain Based Learning*, pembelajaran yang mengadaptasi metode pengajaran berdasarkan cara kerja otak manusia. Dengan menggunakan strategi ini, pengajaran dirancang untuk lebih responsif terhadap kebutuhan kognitif dan emosional siswa, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif dan menyenangkan (Asfar et al., 2022; Rahman & Kharisudin, 2019; Sudarwo & Adiansha, 2022).

Brain Based Learning ini menggabungkan strategi pengajaran berbasis otak dengan teknologi visualisasi interaktif dari *PhET Interactive Simulations*. *PhET Interactive Simulations* menyediakan simulasi interaktif yang membantu siswa memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam matematika, yang sering kali sulit dipahami hanya melalui penjelasan verbal atau tulisan. Simulasi ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan konsep-konsep matematis, melihat bagaimana perubahan variabel mempengaruhi hasil, dan memahami hubungan antar konsep dengan lebih baik (Kusaeri et al., 2022; Meadows & Caniglia, 2019; Perkins, 2020). Berikut contoh simulasi interaktif yang digunakan dalam pembelajaran berbasis otak pada materi Pecahan.

Dalam lingkungan belajar yang mengintegrasikan *Brain Based Learning* dan *PhET Interactive Simulations*, siswa diberi kesempatan untuk belajar secara lebih aktif dan menarik. Proses belajar menjadi lebih dinamis karena siswa dapat mengeksplorasi dan bereksperimen dengan konsep-konsep matematika melalui simulasi. Hal ini membantu

membangun pemahaman yang lebih mendalam dan tahan lama, karena siswa tidak hanya menghafal konsep tetapi juga memahami aplikasinya dalam berbagai situasi (Asfar et al., 2022; Duman & Bilal Duman, 2010; Husna et al., 2018; Rahman & Kharisudin, 2019; Sudarwo & Adiansha, 2022; Triana, 2019).



Gambar 2. PhET Interactive Simulations Materi Konsep Pecahan

Simulasi interaktif dari PhET tidak hanya membantu siswa memahami konsep-konsep matematika yang kompleks, tetapi juga meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam belajar (Ferreira & Rodríguez, 2022; Kusaeri et al., 2022; Sesmiarni, 2016). Ketika siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran, siswa cenderung lebih fokus dan termotivasi untuk memecahkan masalah dan memahami materi. Ini sangat penting dalam konteks pembelajaran matematika, di mana banyak siswa sering merasa kesulitan dan kurang tertarik.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu visual dapat meningkatkan pemahaman dan retensi konsep matematika. Penelitian sebelumnya telah banyak menunjukkan efektivitas *Brain Based Learning* dalam meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa, serta mengungkap manfaat penggunaan *PhET Interactive Simulations* dalam membantu visualisasi konsep-konsep matematika. Sebagian besar penelitian terdahulu fokus pada penggunaan masing-masing metode secara terpisah dan lebih menekankan pada hasil belajar umum daripada pemahaman konseptual secara spesifik. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan baru mengenai efektivitas gabungan metode ini dalam meningkatkan pemahaman konseptual, yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif di tingkat pendidikan dasar.

SIMPULAN

Hasil uji statistik dengan Paired Sample t-test memperlihatkan bahwa perbedaan ini bukan hanya secara numerik tetapi juga secara signifikan, dengan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 yang jauh lebih kecil dari level signifikansi yang ditetapkan (0,05). Dalam

hal ini, metode pembelajaran tersebut secara efektif berpengaruh pada kemampuan siswa dalam memahami konsep matematika.

Selanjutnya, analisis N-Gain menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami peningkatan dalam pemahaman siswa setelah pembelajaran. Persentase N-Gain sebesar 59,94% juga mendukung kesimpulan ini, menempatkan metode pembelajaran dalam kategori "Cukup Efektif". Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan Brain Based Learning berbantuan *PhET Interactive Simulations* efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar, dengan hasil yang signifikan dan berpotensi memberikan manfaat yang substansial dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam untuk memastikan generalisasi hasil dalam konteks yang berbeda. Selain itu, penggunaan metode evaluasi yang lebih bervariasi, seperti tes formatif lain atau observasi, dapat membantu mengevaluasi dampak jangka panjang dari penerapan *Brain Based Learning* berbantuan *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konseptual siswa. Penelitian selanjutnya juga dapat menguji efektivitas metode ini dalam mata pelajaran lain, seperti sains atau teknologi, guna melihat apakah peningkatan serupa dapat dicapai. Selain itu, eksplorasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas metode ini, seperti gaya belajar siswa atau dukungan teknologi, penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang bagaimana metode ini dapat dioptimalkan. Terakhir, disarankan untuk melakukan studi jangka panjang guna mengamati bagaimana pemahaman konseptual yang diperoleh melalui metode ini bertahan atau berkembang seiring waktu. Penelitian-penelitian ini diharapkan dapat memperdalam pemahaman tentang efektivitas Brain Based Learning berbantuan *PhET Interactive Simulations* dan memberikan kontribusi lebih lanjut terhadap pengembangan strategi pembelajaran yang inovatif dan efektif.

DAFTAR REFERENSI

- Almerino, Jr., P. M., Etcuban, J. O., De Jose, C. G., & Almerino, J. G. F. (2019). Students' affective belief as the component in mathematical disposition. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3). <https://doi.org/10.29333/iejme/5750>
- Anggraeni, S. T., Muryaningsih, S., Ernawati, A., Guru, P., Dasar, S., Keguruan, F., & Pendidikan, I. (2020). *Analisis faktor penyebab kesulitan belajar matematika di sekolah dasar*.
- Arifin, F., Wafiqi, N., Suryaningsih, T., F.R, G. G., & Utomo, E. (2023). Pengaruh LKPD berbasis video pembelajaran interaktif pada siswa MI/SD terhadap kemampuan penalaran matematis. *Muallimuna: Jurnal Madrasah Ibtidaiyah*, 9(1), 72. <https://doi.org/10.31602/muallimuna.v9i1.11103>
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian*. Rineka Cipta.
- Asfar, N. U., Permana, D., & Fauzan, A. (2022). Improving mathematical critical thinking ability with learning modules using brain-based learning models. *Numerical: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 91–100. <https://doi.org/10.25217/numerical.v6i1>
- Binkley, T. S., Gattis, M., & Nohara, K. (2003). *Comparing mathematics content in the National Assessment of Educational Progress (NAEP), Trends in International*

Mathematics and Science Study (TIMSS), and Program for International Student Assessment (PISA) 2003 Assessments. NCES. <http://www.edpubs.org>.

- Caine, R. N., & Caine, G. (1991). *Making connections: Teaching and the human brain*. ERIC.
- Duman, B., & Bilal Duman, A. (2010). The effects of brain-based learning on the academic achievement of students with different learning styles. In *Eğitim Bilimleri / Educational Sciences: Theory & Practice* (Vol. 10, Issue 4).
- Endramawati, T. A. (2021). Upaya meningkatkan kemampuan pemahaman konsep dan percaya diri siswa melalui model guided discovery learning. *Didaktika: Jurnal Pemikiran Pendidikan*, 27(2).
- Febriani, P., Widada, W., & Herawaty, D. (2019). Pengaruh pembelajaran matematika realistik berbasis etnomatematika terhadap kemampuan pemahaman konsep siswa SMA Kota Bengkulu. In *JPMR* (Vol. 04, Issue 02). <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jpmr>
- Febriyanty, I. A., Suryaningsih, T., Neni Iska, Z. (2021). Pengaruh penggunaan QUIZZZ terhadap motivasi dan hasil belajar pada pembelajaran jarak jauh siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(1), 264–281. <http://uinjkt.ac.id/index.php/elementar>
- Ferreira, R. A., & Rodríguez, C. (2022). Effect of a science of learning course on beliefs in neuromyths and neuroscience literacy. *Brain Sciences*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/brainsci12070811>
- Glaser, J. I., Benjamin, A. S., Farhoodi, R., & Kording, K. P. (2019). The roles of supervised machine learning in systems neuroscience. In *Progress in Neurobiology* (Vol. 175, pp. 126–137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.01.008>
- Hardani. (2020). *Metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. Pustaka Ilmu Group.
- Husna, N., Nurhayati, Nindy Citroesmi, P., Wahyuni, R., Utami, C., Rosmayadi, Mariyam, & Kartina. (2018). Implementation of brain-based learning model to increase students' mathematical connection ability on trigonometry at senior high school. *ACM International Conference Proceeding Series*, 113–118. <https://doi.org/10.1145/3291078.3291103>
- Kersey, A. J., Wakim, K. M., Li, R., & Cantlon, J. F. (2019). Developing, mature, and unique functions of the child's brain in reading and mathematics. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100684>
- Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). Teaching for conceptual understanding in science. In *Teaching for Conceptual Understanding in Science*. National Science Teachers Association. <https://doi.org/10.2505/9781938946103>
- Kusaeri, K., Lailiyah, S., & Indayati, T. (2022). PHET and PBL: Do they work well together in improving mathematical critical thinking and problem solving ability? *Jurnal Pendidikan Progresif*, 12(2), 591–607. <https://doi.org/10.23960/jpp.v12.i2.202215>
- Lim, D. H., Chai, D. S., Park, S., & Doo, M. Y. (2019). Neuroscientism, the neuroscience of learning: An integrative review and implications for learning and development in the workplace. *European Journal of Training and Development*, 43(7–8), 619–642. <https://doi.org/10.1108/EJTD-03-2019-0033>

- Meadows, M. L., & Caniglia, J. C. (2019). Using PhET simulations in the mathematics classroom. *The Mathematics Teacher*, 112(5), 386–389. <https://doi.org/10.5951/mathteacher.112.5.0386>
- Nurani, M., Riyadi, R., & Subanti, S. (2021). Profil pemahaman konsep matematika ditinjau dari self efficacy. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(1), 284. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i1.3388>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results factsheets Indonesia PUBE*. <https://oecdch.art/a40de1dbaf/C108>.
- Perkins, K. (2020). Transforming STEM learning at scale: PhET interactive simulations. *Childhood Education*, 96(4), 42–49. <https://doi.org/10.1080/00094056.2020.1796451>
- Rahman, A. A., & Kharisudin, I. (2019). An analysis of problem solving ability using mathematical modeling strategies in brain-based learning. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 8(3), 173–180. <https://doi.org/10.15294/ujme>
- Saleh, S., & Mazlan, A. (2019). The effects of brain-based teaching with i-think maps and brain gym approach towards physics understanding. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 12–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.16022>
- Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Students conceptions and Conceptual Learning in Science. In *Handbook of Research on Science Education*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Sesmiarni, Z. (2016). *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah 01 (2) (2016) 93-104 model brain based teaching sebagai transformasi paradigma pembelajaran di perguruan tinggi*. <https://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/tadris>
- Simanjuntak, J., Simangunsong, M. I., Tiofanny, & Naibaho, T. (2021). Perkembangan matematika dan pendidikan matematika di Indonesia. *Sepren*, 2(2), 32–39. <https://doi.org/10.36655/sepren.v2i2.512>
- Sinan, O., Üniversitesi, B., Eğitim Fakültesi, N., & Bilgisi Öğretmenliği, F. (2007). Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED) cilt fen bilgisi öğretmen adaylarının enzimlerle ilgili kavramsal anlama düzeyleri. In *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education* (Vol. 1).
- Solihat, A., Lichteria Panjaitan, R., Djuanda, D. (2017). *Penerapan model pembelajaran brain based learning* (Vol. 2, Issue 1).
- Sudarwo, R., & Adiansha, A. A. (2022). Brain-based learning vs problem based learning: mathematical complex thinking skills in terms of student creativity? *International Journal of Social Science Research and Review*, 5(4), 77–86. <https://doi.org/10.47814/ijssrr.v5i4.231>
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. PT Alfabeta.
- Suryaningsih, T. (2019a). Analisis kemampuan dasar pemecahan masalah siswa berdasar heuristik krulik-rudnick pada materi geometri kelas 5 SD. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 2(1), 9–13.
- Suryaningsih, T. (2019b). Hard work and problem solving based on Krulik-Rudnick's heuristic theory on project based learning with OQALE Approach of 5th grade elementary school students. *JMIE: Journal of Madrasah Ibtidaiyah Education*, 3(1), 91–99.

- Suryaningsih, T., Edwita, & Gusti Yarmi. (2023). The effect of realia media based on realistic mathematics education on numeracy literacy ability. *AULADUNA: Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 10(2), 193–204. <https://doi.org/10.24252/auladuna.v10i2a6.2023>
- Suryaningsih, T., Ratnaningsih, S., & Ramadhan, F. (2024). The development of math student worksheet through learning interactive videos based on problem-solving to improve numerical literacy. *AIP Conference Proceedings*, 3058(1).
- Tan, Y. S. M., & Amiel, J. J. (2022). Teachers learning to apply neuroscience to classroom instruction: case of professional development in British Columbia. *Professional Development in Education*, 48(1), 70–87. <https://doi.org/10.1080/19415257.2019.1689522>
- Triana, M. (2019). Students' mathematical communication ability through the brain-based learning approach using autograph. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education* (Vol. 4, Issue 1). <http://journals.ums.ac.id/index.php/jramathedu>