

PENERAPAN MEDIA SIMULASI INTERAKTIF PHET UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PENGUKURAN LUAS PADA SISWA KELAS IV SD NEGERI 060800 MEDAN

Ir. Luciyana Br Sirait¹, Dara Fitrah Dwi², Hidayat³, Cindy Angelina Gulo⁴

^{1,2,3,4}Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah

Email: irluciyanasirait@gmail.com¹, darafitrahdwi@umnaw.ac.id²

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan model Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Simulasi Interaktif PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep pengukuran luas pada siswa kelas IV SD Negeri 060800 Medan. Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan dalam dua siklus dengan subjek penelitian sebanyak 25 siswa. Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah tes objektif pilihan ganda yang diberikan dalam bentuk pre-test dan post-test pada setiap siklus. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang sangat signifikan pada pemahaman konsep siswa. Pada kondisi awal, persentase ketuntasan belajar klasikal hanya sebesar 16%. Setelah penerapan tindakan pada Siklus I, persentase meningkat menjadi 52% dan pada akhir Siklus II berhasil mencapai 88%. Capaian ini telah melampaui indikator keberhasilan penelitian yaitu sebesar 80%. Temuan ini menyimpulkan bahwa integrasi model PBL dengan media Simulasi PhET terbukti efektif dalam membuat konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret dan visual, sehingga berhasil meningkatkan pemahaman konsep siswa secara signifikan.

Kata Kunci: Pemahaman Konsep, Pengukuran Luas, Simulasi PhET, Problem-Based Learning, Penelitian Tindakan Kelas.

Abstract: This study aims to describe the application of the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by PhET Interactive Simulations to improve the conceptual understanding of area measurement in fourth-grade students at SDN 060800 Medan. This study employed a Classroom Action Research (CAR) design, conducted in two cycles with 25 students as subjects. The data collection instrument was a multiple-choice objective test administered as a pre-test and post-tests at the end of each cycle. The results revealed a significant improvement in students' conceptual understanding. In the initial condition (pre-test), the classical completeness percentage was only 16%. This increased to 52% after Cycle I and ultimately reached 88% at the end of Cycle II. This final result surpassed the research's success indicator of 80%. These findings conclude that the integration of the PBL model with PhET Interactive Simulations is effective in transforming abstract mathematical concepts into concrete and visual representations, thereby significantly improving students' conceptual understanding.

Keywords: Conceptual Understanding, Area Measurement, PhET Simulation, Problem-Based Learning, Classroom Action Research.

PENDAHULUAN

Dalam lanskap pendidikan matematika di tingkat sekolah dasar, pengembangan pemahaman konseptual merupakan pilar utama yang diakui lebih krusial dibandingkan sekadar penguasaan pengetahuan prosedural. Pemahaman konseptual membekali siswa dengan kemampuan untuk menangkap esensi dan prinsip dasar di balik sebuah konsep matematika, sehingga memfasilitasi kemampuan mereka untuk bernalar dan menyelesaikan masalah pada beragam konteks. Sebagaimana ditegaskan oleh Hussein (2022), peserta didik wajib memiliki pengetahuan konseptual agar berhasil memahami gagasan-gagasan matematika dan mampu mentransfer pengetahuannya ke situasi baru. Pendekatan ini esensial untuk mengasah keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah, yang menjadi fondasi keberhasilan matematika jangka panjang siswa (Balayan dkk., 2024). Studi terkini pun menggarisbawahi bahwa siswa yang mendalami konsep matematika secara bermakna cenderung menunjukkan retensi dan aplikasi pengetahuan yang lebih unggul, yang menyoroti kebutuhan mendesak akan kerangka pembelajaran yang memprioritaskan pemahaman di atas hafalan buta (Pratama dkk., 2022).

Meskipun demikian, sebuah tantangan yang persisten dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar adalah kesulitan yang dihadapi siswa dalam memahami konsep abstrak seperti luas dan keliling. Berbagai penelitian mengindikasikan bahwa banyak siswa di tingkat dasar yang kesulitan untuk membedakan kedua konsep fundamental tersebut, sering kali hanya berpegang pada pemahaman yang dangkal dan bersifat prosedural (Pratama dkk., 2022). Miskonsepsi yang umum terjadi, misalnya menyamakan luas dengan keliling akibat minimnya aktivitas pembelajaran langsung (*hands-on*), telah sering teramati pada siswa kelas empat (Ernawati & Rigianti, 2024). Jika tidak segera diatasi, kesulitan dalam memahami konsep dasar ini dapat menimbulkan dampak berkelanjutan, tidak hanya pada mata pelajaran matematika di tingkat selanjutnya, tetapi juga pada mata pelajaran lain yang bergantung pada kemampuan penalaran spasial dan pengukuran (Pratama dkk., 2022; Nuraina dkk., 2021).

Secara konkret, masalah ini termanifestasi dengan jelas dalam observasi awal di kelas IV SDN 060800 Medan. Ditemukan bahwa siswa mampu menghitung luas persegi panjang menggunakan rumus panjang \times lebar secara mekanis, namun mereka gagal menjelaskan makna di balik hasil perhitungan tersebut. Ketika ditanya, "Apa arti dari 20 cm^2 ?", sebagian besar siswa terdiam dan tidak mampu menjelaskan bahwa itu adalah 20 buah persegi satuan berukuran $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ yang menutupi area tersebut. Selain itu, kelemahan pemahaman konsep

ini menjadi sangat kentara ketika siswa dihadapkan pada soal non-rutin, seperti menghitung luas bangun datar berbentuk huruf 'L'. Mereka kebingungan karena tidak ada rumus tunggal yang bisa langsung diaplikasikan, menunjukkan bahwa pengetahuan mereka tidak fleksibel dan sangat bergantung pada hafalan.

Akar penyebab dari kesulitan ini kerap kali dikaitkan dengan metode pembelajaran tradisional yang masih berpusat pada guru (teacher-centered), yang cenderung tidak mendorong partisipasi aktif dan keterlibatan siswa. Para pendidik mencatat bahwa pendekatan pedagogis semacam ini dapat mengakibatkan menurunnya motivasi belajar siswa, yang pada akhirnya bermuara pada rendahnya pemahaman konseptual (Asfar dkk., 2019). Hal ini sejalan dengan pandangan Daeli & Tamba (2025) yang menyoroti bahwa pembelajaran yang kurang interaktif dapat membuat siswa merasa bosan dan tidak termotivasi. Pembelajaran yang didominasi instruksi langsung tanpa interaksi yang bermakna akan memposisikan siswa sebagai penerima informasi yang pasif, bukan sebagai pembelajar yang aktif. Kurangnya keterlibatan ini secara signifikan membatasi kesempatan siswa untuk mengeksplorasi konsep matematika secara mendalam, sehingga membuat ide-ide abstrak menjadi semakin sulit untuk dipahami (Abramovich, 2022).

Sebagai jawaban atas tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi interaktif dalam pembelajaran telah menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Simulasi Interaktif PhET dari Universitas Colorado, secara khusus, menawarkan sebuah solusi melalui pengalaman belajar yang visual dan bersifat eksploratif, yang efektif dalam mengubah konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dicerna (Arifin dkk., 2022; Eveline dkk., 2019). Berbagai studi telah membuktikan bahwa penggunaan simulasi ini dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman konseptual, karena siswa diberi kebebasan untuk bereksperimen dengan berbagai variabel matematika dalam lingkungan virtual yang dinamis dan aman (Prima dkk., 2018). Sifat visual PhET terbukti mampu memfasilitasi keterlibatan yang lebih tinggi dan pemahaman yang lebih baik, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang sangat kontras dengan metode tradisional yang monoton (Eveline dkk., 2019; Haryadi & Pujiastuti, 2019). Salah satu studi bahkan menyimpulkan bahwa siswa yang menggunakan PhET menunjukkan peningkatan keterlibatan dan hasil belajar, yang semakin memperkuat argumen untuk mengintegrasikan alat ini ke dalam kurikulum matematika (Buar & Obiedo, 2025).

Berangkat dari analisis permasalahan dan potensi solusi yang ada, maka penelitian

tindakan kelas ini menjadi relevan untuk dilaksanakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan secara sistematis bagaimana penerapan Simulasi Interaktif PhET sebagai media pembelajaran dapat meningkatkan pemahaman konseptual materi pengukuran luas bagi siswa kelas IV di SD Negeri 060800 Medan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa melalui penerapan tindakan yang terencana. Desain penelitian yang diadopsi adalah model siklus dari Kemmis & McTaggart, yang dilaksanakan dalam dua siklus. Setiap siklusnya terdiri dari empat tahapan utama yang saling berkelanjutan, yaitu perencanaan (*planning*), pelaksanaan tindakan (*acting*), pengamatan (*observing*), dan refleksi (*reflecting*). Hasil dari refleksi pada siklus pertama menjadi landasan untuk melakukan perbaikan tindakan pada siklus kedua.

Subjek dalam penelitian ini adalah 25 peserta didik kelas IV di SD Negeri 060800 Medan, dengan rincian 15 peserta didik perempuan dan 10 peserta didik laki-laki. Penelitian ini dilaksanakan di ruang kelas IV sekolah tersebut pada Semester Genap Tahun Ajaran 2024/2025. Adapun jadwal pelaksanaan tindakan untuk Siklus I dilangsungkan pada tanggal 23 April 2025, sementara Siklus II dilaksanakan pada tanggal 28 April 2025.

Prosedur penelitian pada setiap siklusnya mengacu pada tahapan model Kemmis & McTaggart. Siklus diawali dengan tahap perencanaan, di mana peneliti merancang Modul Ajar berbasis Problem-Based Learning (PBL) dan menyiapkan seluruh media pendukung, termasuk Simulasi Interaktif PhET serta Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Selanjutnya, pada tahap pelaksanaan, pembelajaran di kelas dijalankan sesuai sintaks PBL, di mana siswa secara berkelompok dibimbing untuk mengeksplorasi konsep luas melalui penyelidikan mandiri menggunakan simulasi PhET dan LKPD. Selama proses tersebut, peneliti melakukan pengamatan terhadap aktivitas dan interaksi siswa. Tahap terakhir adalah refleksi, di mana peneliti menganalisis data hasil tes untuk mengevaluasi kelebihan dan kekurangan dari tindakan yang telah dilakukan sebagai landasan untuk merencanakan perbaikan pada siklus berikutnya.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode tes untuk memperoleh data kuantitatif mengenai pemahaman konsep siswa. Instrumen yang digunakan adalah soal tes objektif berbentuk pilihan ganda. Tes ini diberikan dalam tiga tahap, yaitu *pre-*

test yang dilaksanakan sebelum siklus pertama untuk mengukur kemampuan awal, serta *post-test* yang diberikan pada akhir setiap siklus untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa setelah menerima tindakan pembelajaran.

Seluruh data hasil tes yang terkumpul dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan statistik deskriptif. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata kelas serta persentase ketuntasan belajar klasikal pada setiap tahapnya. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung persentase ketuntasan belajar klasikal adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase Ketuntasan} = \frac{\text{Jumlah Siswa yang Tuntas (Nilai} \geq 75)}{\text{Jumlah Seluruh Siswa}} \times 100\%$$

Keberhasilan tindakan dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan dua indikator utama. Pertama, penelitian dianggap berhasil jika terjadi peningkatan pemahaman konsep siswa yang secara kuantitatif ditandai dengan tercapainya ketuntasan belajar klasikal minimal sebesar 80%, di mana siswa memperoleh nilai sama dengan atau lebih dari Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yaitu 75. Kedua, adanya peningkatan hasil belajar yang positif, yang ditunjukkan dengan persentase ketuntasan belajar pada Siklus II yang lebih tinggi dibandingkan dengan pencapaian pada Siklus I.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Bagian ini memaparkan data kuantitatif hasil penelitian mengenai pemahaman konsep siswa pada materi pengukuran luas. Data diperoleh melalui tes yang dilaksanakan sebelum tindakan (*pre-test*) dan setelah setiap siklus tindakan (*post-test*). Penyajian data difokuskan pada nilai individu siswa, nilai rata-rata kelas, dan persentase ketuntasan belajar klasikal, dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan adalah 75.

1. Deskripsi Kondisi Awal (Hasil *Pre-test*)

Sebelum penerapan tindakan pada siklus I, sebuah *pre-test* diberikan kepada 25 siswa untuk mengukur kemampuan awal mereka. Hasilnya menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa masih sangat rendah. Dari 25 siswa, hanya 4 siswa (16%) yang berhasil mencapai KKM, sementara 21 siswa lainnya (84%) masih berada di bawah KKM. Nilai rata-rata kelas yang dicapai pada tahap ini hanya 62,4. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi awal siswa belum memenuhi indikator keberhasilan dan memerlukan tindakan perbaikan melalui pembelajaran inovatif.

2. Deskripsi Hasil Siklus I

Setelah pelaksanaan tindakan pada Siklus I dengan menerapkan model PBL berbantuan simulasi PhET, sebuah *post-test* diberikan untuk mengukur peningkatan yang terjadi. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan yang cukup baik dibandingkan kondisi awal. Jumlah siswa yang mencapai KKM meningkat menjadi 13 siswa (52%), dengan nilai rata-rata kelas naik menjadi 72. Meskipun terjadi peningkatan, pencapaian ketuntasan belajar klasikal sebesar 52% ini masih berada di bawah indikator keberhasilan penelitian, yaitu 80%. Berdasarkan refleksi, ditemukan bahwa beberapa siswa masih memerlukan adaptasi lebih lanjut dengan model pembelajaran dan penggunaan media, sehingga diputuskan untuk melanjutkan ke Siklus II dengan beberapa perbaikan.

3. Deskripsi Hasil Siklus II

Pada Siklus II, tindakan pembelajaran disempurnakan berdasarkan hasil refleksi dari siklus sebelumnya, dengan memberikan bimbingan yang lebih intensif pada kelompok yang masih kesulitan. Hasil *post-test* Siklus II menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan dan memuaskan. Jumlah siswa yang tuntas mencapai 22 dari 25 siswa, atau sebesar 88%. Nilai rata-rata kelas juga meningkat tajam menjadi 81,8. Dengan pencapaian ketuntasan klasikal sebesar 88%, maka indikator keberhasilan penelitian telah terlampaui.

4. Rekapitulasi Hasil Belajar Siswa

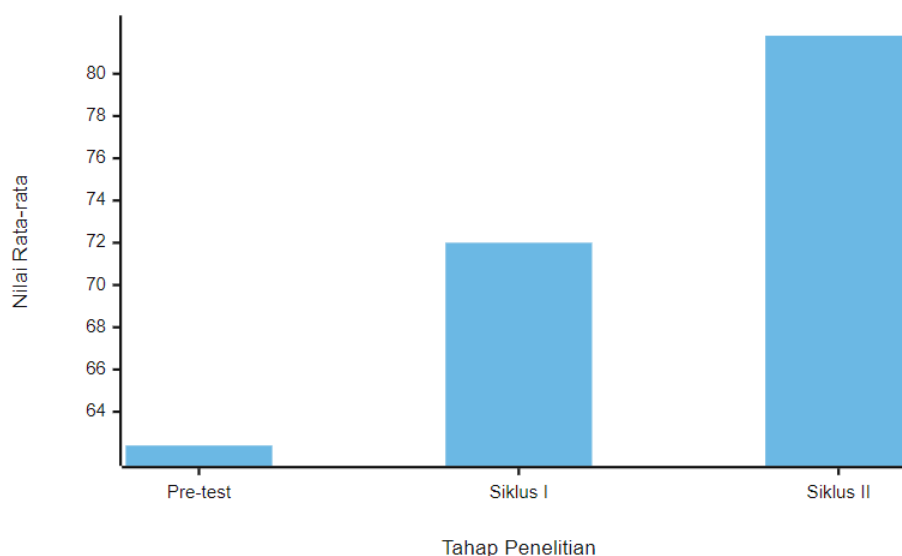
Untuk melihat perbandingan hasil belajar setiap siswa dari tahap awal hingga akhir penelitian, data disajikan secara lengkap pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Pemahaman Konsep Siswa

No.	Inisial Siswa	Nilai Pre-test	Nilai Post-test Siklus I	Nilai Post-test Siklus II	Keterangan Akhir
1	S-01	60	70	80	Tuntas
2	S-02	55	65	75	Tuntas
3	S-03	75	80	90	Tuntas
4	S-04	65	75	85	Tuntas
5	S-05	50	60	70	Belum Tuntas
6	S-06	60	70	80	Tuntas
7	S-07	80	85	90	Tuntas
8	S-08	70	75	85	Tuntas
9	S-09	55	65	75	Tuntas
10	S-10	60	70	80	Tuntas

11	S-11	65	75	85	Tuntas
12	S-12	50	65	70	Belum Tuntas
13	S-13	75	80	90	Tuntas
14	S-14	60	70	80	Tuntas
15	S-15	55	60	75	Tuntas
16	S-16	65	75	85	Tuntas
17	S-17	50	60	70	Belum Tuntas
18	S-18	80	85	95	Tuntas
19	S-19	60	75	80	Tuntas
20	S-20	55	70	85	Tuntas
21	S-21	65	75	85	Tuntas
22	S-22	60	70	80	Tuntas
23	S-23	55	75	85	Tuntas
24	S-24	65	70	80	Tuntas
25	S-25	70	80	90	Tuntas

Perbandingan Nilai Rata-Rata Kelas



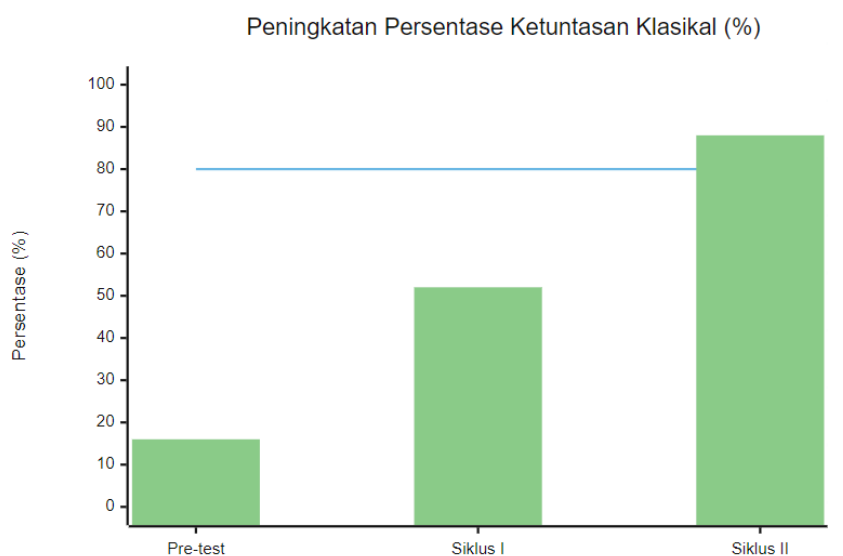
Grafik 1: Perbandingan Nilai Rata-Rata Kelas

Grafik 1 menunjukkan peningkatan nilai rata-rata pemahaman konsep siswa secara konsisten dari kondisi awal (pre-test), setelah Siklus I, hingga akhir Siklus II. Peningkatan yang stabil ini membuktikan bahwa tindakan yang diberikan pada setiap siklus memberikan dampak positif terhadap pemahaman siswa secara keseluruhan.

Untuk mempermudah melihat peningkatan secara keseluruhan, berikut adalah rangkuman hasil analisis data kuantitatif.

Tabel 2. Rangkuman Peningkatan Hasil Belajar

Indikator	Pre-test (Kondisi Awal)	Siklus I	Siklus II
Nilai Tertinggi	80	85	95
Nilai Terendah	50	60	70
Nilai Rata-rata	62,4	72	81,8
Jumlah Siswa Tuntas	4	13	22
Persentase Ketuntasan	16%	52%	88%



Grafik 2: Peningkatan Persentase Ketuntasan Klasikal

Grafik ini secara visual menunjukkan pencapaian indikator keberhasilan penelitian. Anda dapat melihat dengan jelas persentase siswa yang tuntas (mencapai KKM 75) meningkat dari hanya 16% pada Pre-test, menjadi 52% pada Siklus I, dan akhirnya mencapai 88% pada Siklus II. Capaian akhir ini telah melampaui garis target Indikator Keberhasilan sebesar 80%.

B. Pembahasan

Hasil penelitian secara kuantitatif menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep yang sangat signifikan pada siswa kelas IV SD Negeri 060800 Medan. Lonjakan persentase ketuntasan belajar klasikal dari hanya 16% pada kondisi awal (pre-test) hingga mencapai 88% pada akhir Siklus II membuktikan bahwa tindakan yang diterapkan telah berjalan dengan efektif. Peningkatan yang terjadi secara bertahap, dari 52% di Siklus I menjadi 88% di Siklus II, mengindikasikan bahwa proses perbaikan berdasarkan refleksi, seperti pemberian

bimbingan yang lebih terfokus, telah berhasil mengoptimalkan proses pembelajaran dan membantu siswa beradaptasi sepenuhnya dengan model pembelajaran yang baru.

Keberhasilan ini pada dasarnya ditopang oleh sinergi yang kuat antara model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) dan media Simulasi Interaktif PhET. Model PBL berperan memberikan konteks dan relevansi, di mana siswa tidak lagi belajar dalam ruang hampa, melainkan termotivasi untuk memecahkan masalah nyata. Di sisi lain, Simulasi PhET bertindak sebagai jembatan kognitif yang vital. Media ini berhasil menerjemahkan konsep "luas" yang abstrak menjadi sebuah representasi visual yang konkret dan dapat dimanipulasi. Siswa dapat bereksplorasi secara mandiri, membangun dan membongkar bangun datar, serta melihat hubungan sebab-akibat antara perubahan dimensi dan total luas secara langsung. Pengalaman inilah yang tidak dapat difasilitasi oleh metode pembelajaran konvensional dan menjadi kunci bagi siswa untuk membangun pemahaman konseptual yang kokoh, bukan sekadar hafalan rumus.

Temuan ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh pembelajar melalui interaksi dengan lingkungannya. Hasil penelitian ini juga memperkuat temuan-temuan sebelumnya dari Daeli & Tamba (2025) serta Arifin dkk. (2022) yang menegaskan efektivitas media interaktif dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman matematika siswa. Meskipun demikian, peneliti menyadari adanya keterbatasan dalam penelitian ini. Keterbatasan waktu di setiap pertemuan membuat eksplorasi pada soal non-rutin yang lebih kompleks belum dapat dimaksimalkan. Selain itu, fakta bahwa masih terdapat 12% siswa yang belum mencapai KKM menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih individual di masa mendatang untuk menjangkau seluruh siswa secara optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan Simulasi Interaktif PhET berhasil dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep materi pengukuran luas pada siswa kelas IV SD Negeri 060800 Medan. Keberhasilan ini dibuktikan secara kuantitatif melalui peningkatan persentase ketuntasan belajar klasikal yang signifikan, dari hanya 16% pada kondisi awal menjadi 88% pada akhir Siklus II, yang telah melampaui indikator keberhasilan sebesar 80%. Berdasarkan temuan ini, peneliti menyarankan agar para guru dapat

memanfaatkan Simulasi PhET sebagai salah satu media pembelajaran alternatif yang inovatif untuk membantu siswa memvisualisasikan konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dapat mengalokasikan waktu yang lebih panjang untuk sesi eksplorasi atau mengkaji strategi pendampingan yang lebih spesifik bagi siswa yang masih mengalami kesulitan untuk memastikan pemahaman yang lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramovich, S. (2022). Technology-immune/technology-enabled problem solving as agency of design-based mathematics education. *Education Sciences*, 12(8), 514. <https://doi.org/10.3390/educsci12080514>
- Arifin, S., Nugraha, F., & Prasetyo, P. (2022). Mathematics learning design using phet interactive simulation to support students mathematical understanding.. <https://doi.org/10.4108/eai.2-12-2021.2320193>
- Asfar, A., Asmawaty, A., & Nursyam, A. (2019). Mathematical concept understanding: the impact of integrated learning model. *Al-Jabar Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 211-222. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v10i2.3880>
- Balayan, R., Oliveros, R., & Tagalog, L. (2024). Participation of math students in online and face-to-face hybrid mathematics instruction. *Mathematics Education Journal*, 8(1), 21-38. <https://doi.org/10.22219/mej.v8i1.29954>
- Buar, C. and Obiedo, R. (2025). Enhancing conceptual understanding in physics: effects of 4 modes application technique (4mat) teaching model integrating phet simulations. *Physics Education*, 60(4), 045004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adcb11>
- Dacli, Y. F., & Tamba, L. (2025). Penggunaan Simulasi Interaktif PhET Colorado dalam Pembelajaran Luas Persegi dan Persegi Panjang untuk Siswa Kelas 5 SDN 060886 Medan Baru. *Esensi Pendidikan Inspiratif*, 7(2), 484-494.
- Ernawati, H. and Rigianti, H. (2024). Analysis of understanding mathematics concepts on numeration ability of primary students. *Progres Pendidikan*, 5(2), 162-169. <https://doi.org/10.29303/prospek.v5i2.541>
- Eveline, E., Jumadi, J., Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). The effect of scaffolding approach assisted by phet simulation on students' conceptual understanding and students' learning independence in physics. *Journal of Physics Conference Series*, 1233(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012036>

- Haryadi, R. and Pujiastuti, H. (2019). Phet simulation software-based learning to improve understanding ability in light concept.. <https://doi.org/10.4108/eai.21-11-2018.2282121>
- Hussein, Y. (2022). Conceptual knowledge and its importance in teaching mathematics. Middle Eastern Journal of Research in Education and Social Sciences, 3(1), 50-65. <https://doi.org/10.47631/mejress.v3i1.445>
- Nuraina, N., Fauzi, K., & Simbolon, N. (2021). The effect of realistic mathematics educations (rme) approach based on ethnomatics on the improvement of concept understanding ability and students' learning motivation in elementary school al-kausar city of langsa. Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (Birle) Journal, 4(1), 543-554. <https://doi.org/10.33258/birle.v4i1.1707>
- Pratama, M., Yurniwati, Y., & Chaeruman, U. (2022). An analysis of elementary school students' understanding of mathematical concept. Jurnal Basicedu, 6(3), 3563-3568. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2672>
- Prima, E., Putri, A., & Rustaman, N. (2018). Learning solar system using phet simulation to improve students' understanding and motivation. Journal of Science Learning, 1(2), 60. <https://doi.org/10.17509/jsl.v1i2.10239>