

Hypothetical Learning Trajectory Based On Inquiry Learning to Find The Volume Of Space

[Lintasan Pembelajaran Hipotetis Berbasis Pembelajaran Inquiry untuk Menemukan Volume Bangun Ruang]

Friska Alifia Rizki¹⁾, Mohammad Faizal Amir^{*2)}

1)Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2) Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: faizal.amir@umsida.ac.id

Abstract. *Geometry is a branch of mathematics crucial in developing students' thinking skills. International and national studies show that students have a low understanding of geometry concepts, especially the volume of space. It is caused by learning that does not facilitate building students' understanding. This study aims to develop and implement a Hypothetical Learning Trajectory based on Inquiry Learning (HLT-IL) to facilitate elementary students' understanding of the volume of cubes and blocks. A design research methodology comprised three main phases: preparing for the experiment, conducting the teaching experiment, and retrospective analysis. The study's instruments consisted of worksheets, observation sheets, and tests. The participants were fifth-grade students categorized into three skill levels: low, medium, and high. The resulting HLT-IL comprised five main activities: orientation, conceptualization, investigation, conclusion, and discussion, and nine sub-activities: introduction and discovery, questioning, hypothesis generation, exploration, experimentation, data interpretation, summarizing and comparing, communication, and reflection. The results showed that 26 out of 28 students (92.86%) reached the satisfactory category, while 2 students (7.14%) remained in the unsatisfactory category. These findings indicate that the inquiry-based learning trajectory can be an effective alternative for supporting conceptual discovery, particularly in learning the volume of space in primary education.*

Keywords – Hypothetical Learning Trajectory; Inquiry Learning; Volume of Space

Abstrak. *Geometri merupakan cabang ilmu dalam mata pelajaran matematika yang berperan penting dalam pengembangan kemampuan berpikir siswa. Studi internasional dan nasional menunjukkan siswa memiliki pemahaman rendah terhadap konsep geometri, khususnya volume bangun ruang. Hal ini disebabkan oleh pembelajaran yang tidak memfasilitasi untuk membangun pemahaman siswa. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan Hypothetical Learning Trajectory berbasis Inquiry Learning (HLT-IL) untuk memfasilitasi pemahaman siswa terhadap volume kubus dan balok. Studi ini menggunakan metode design research yang terdiri dari tiga tahap utama: mempersiapkan eksperimen, merancang eksperimen, dan analisis retrospektif. Instrumen penelitian terdiri dari lembar kerja, lembar observasi, dan tes. Subjek studi adalah siswa kelas lima, yang dikategorikan berdasarkan tingkat kemampuan: rendah, sedang, dan tinggi. Studi ini menghasilkan lima aktivitas HLT-IL untuk membangun pemahaman konsep volume bangun ruang: orientasi, konseptualisasi, investigasi, kesimpulan, dan diskusi. Dalam hal ini, terdapat sembilan sub aktivitas HLT-IL: pengenalan dan penemuan, pengajuan pertanyaan, pembuatan hipotesis, eksplorasi, eksperimen, interpretasi data, merangkum dan membandingkan, komunikasi, dan refleksi. Hasil studi menunjukkan bahwa dari 26 siswa (92,86%) dalam kategori memuaskan dan 2 siswa (7,14%) dalam kategori kurang memuaskan. Hasil ini membuktikan bahwa lintasan pembelajaran berbasis inkuiri dapat menjadi alternatif pembelajaran di sekolah dasar yang bertujuan untuk menemukan suatu konsep, khususnya volume bangun ruang.*

Kata Kunci – Inkuiri; Lintasan Pembelajaran; Volume Bangun Ruang

I. PENDAHULUAN

Geometri merupakan salah satu cabang utama matematika. Ia berfungsi sebagai jembatan antara konsep teoretis dan aplikasi di dunia nyata [1]. Melalui pembelajaran geometri, siswa dapat memahami dan menganalisis berbagai bentuk dan objek spasial di lingkungan mereka [2], mulai dari bangun dua dimensi seperti persegi dan lingkaran hingga objek tiga dimensi seperti kubus dan bola. Oleh karena itu, geometri memainkan peran penting dalam pendidikan, memberikan pengetahuan konseptual dan relevansi praktis dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu topik utama dalam geometri adalah volume ruang, yang melibatkan dimensi tinggi, lebar, dan panjang [3]. Pemahaman tentang volume, seperti pada kubus dan prisma persegi panjang, sangat penting dalam matematika dasar karena membantu mengembangkan visualisasi spasial dan pemahaman struktur tiga dimensi [4]. Siswa sekolah dasar sering belajar tentang volume melalui model visual yang mewakili jumlah kubus satuan yang mengisi

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

ruang tertentu [5]. Oleh karena itu, pembelajaran volume meningkatkan keterlibatan dan membangun dasar yang kuat untuk penalaran matematis dan eksplorasi.

Menurut hasil PISA 2022, siswa Indonesia menempati peringkat ke-65 dari 81 negara dalam bidang matematika, dengan skor geometri rata-rata 372, jauh di bawah rata-rata internasional sebesar 494 [6]. Hal ini menyoroti pemahaman geometri yang rendah secara persistensi di kalangan siswa Indonesia. Di kelas, banyak guru masih menerapkan metode konvensional yang membatasi kesempatan siswa untuk membangun atau menemukan konsep geometri, terutama volume [7]. Akibatnya, siswa seringkali kekurangan pemahaman konseptual [8] dan menghadapi kesulitan belajar [9].

Hypothetical Learning Trajectories (HLT) adalah model konseptual untuk desain instruksi matematika. Model ini menggambarkan jalur hipotetis yang mungkin dilalui siswa dalam memahami konsep tertentu dan terdiri dari tiga komponen inti: tujuan pembelajaran, serangkaian tugas pembelajaran, dan proses pembelajaran yang dihipotesiskan [10]. Misalnya, [11] mengembangkan HLT untuk mendukung pemahaman siswa tentang perbandingan nilai melalui konteks kehidupan nyata petani padi Pandanwangi di Cianjur. Tujuan pembelajaran berfokus pada pengembangan penalaran proporsional siswa. Tugas pembelajaran melibatkan analisis data pertanian, sementara proses pembelajaran membimbing siswa dari pemahaman kontekstual menuju abstraksi matematis formal.

Meskipun HLT telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman siswa [12], [13]. Studi menunjukkan bahwa efektivitasnya dapat ditingkatkan dengan mengintegrasikan pendekatan instruksional lain, seperti pembelajaran virtual [14] dan pendidikan matematika realistik [15]. Salah satu pendekatan tersebut adalah Pembelajaran Berbasis Penyelidikan (IL), yang mendorong keterlibatan aktif melalui pembentukan hipotesis, eksperimen, dan pengamatan [16]. Seperti ilmuwan, siswa menyelidiki masalah, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan. Misalnya, [17] membimbing siswa dalam mengeksplorasi luas permukaan dan volume bola menggunakan jeruk yang dikupas dan perbandingan objek nyata, menyoroti sifat penemuan-berbasis IL.

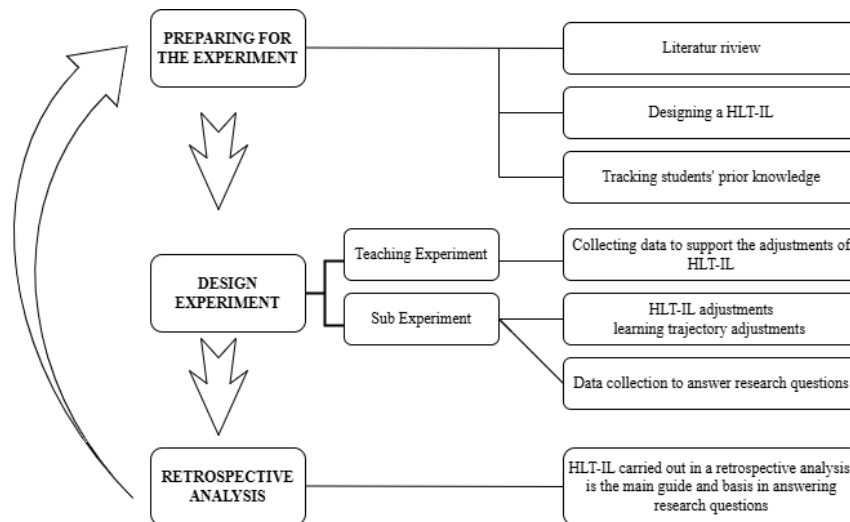
Meskipun ada kemajuan ini, sebagian besar penelitian telah mengeksplorasi HLT, IL, dan volume bangun ruang sebagai topik terpisah. Penelitian tentang HLT berfokus pada konteks spesifik. Misalnya, [18] tentang pendidikan matematika realistik dengan animasi digital, [19] tentang etnomatematika, [20] tentang aplikasi kehidupan nyata, [21] atau teori van Hiele, tetapi jarang diintegrasikan dengan IL. Di sisi lain, IL telah diteliti oleh [22] melalui realitas tertambah atau [23] proyek desain teknik tanpa kerangka kerja HLT. Studi lain oleh [24], [25], dan [26] fokus pada penggunaan media tanpa menghubungkannya dengan HLT atau IL. Tidak ada studi sebelumnya yang secara bersamaan mengintegrasikan HLT dan IL (HLT-IL) dalam konteks pembelajaran tentang volume.

Integrasi HLT dan IL memberikan keunggulan utama bagi siswa: mendukung pembentukan pemahaman konseptual secara bertahap dan bermakna. HLT menyediakan urutan pembelajaran yang terstruktur, sementara IL mendorong keterlibatan aktif melalui pertanyaan, eksplorasi, eksperimen, dan refleksi. Bersama-sama, keduanya membantu siswa mengembangkan wawasan konseptual dan keterampilan berpikir kritis [27]. Integrasi ini juga berfungsi sebagai panduan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran yang memfasilitasi pembentukan konsep yang bermakna dan responsif terhadap perbedaan keterampilan siswa. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan tersebut dengan merancang dan menerapkan model HLT-IL untuk mendukung pemahaman konseptual siswa tentang volume melalui eksplorasi aktif yang terstruktur.

Desain pembelajaran HLT-IL memerlukan penyelidikan lebih lanjut sebagai pendekatan yang bermakna untuk mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep volume. Banyak siswa kesulitan menghubungkan representasi konkret dengan ide abstrak, terutama dalam menghubungkan panjang, lebar, tinggi, dan volume [3] [4]. Melalui aktivitas terstruktur yang mendorong pertanyaan, eksplorasi, dan penalaran mandiri, HLT-IL mengembangkan pemikiran kritis dan pembentukan konsep secara bertahap. Studi ini oleh karena itu penting untuk memperkenalkan model pembelajaran yang tidak hanya dipandu oleh guru tetapi juga responsif terhadap kebutuhan siswa. Kerangka kerja HLT-IL diharapkan dapat membantu siswa sekolah dasar menjelajahi hubungan antara panjang, lebar, dan tinggi secara bermakna, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual mereka tentang volume. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan model HLT-IL untuk mendukung tujuan tersebut.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian design research berdasarkan kerangka kerja yang diusulkan oleh [28], yang terdiri dari tiga tahap utama: (1) persiapan eksperimen, (2) perancangan eksperimen, dan (3) analisis retrospektif. Penelitian desain digunakan untuk mengembangkan Jalur Pembelajaran Hipotetis Berbasis Pembelajaran Inkuiri (HLT-IL) yang memfasilitasi pemahaman konseptual siswa sekolah dasar tentang volume bangun ruang. Siklus penelitian desain yang diterapkan dalam penelitian ini diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Penelitian Desain

Gambar 1 menggambarkan siklus penelitian desain yang digunakan untuk mengembangkan dan menguji HLT-IL berdasarkan pembelajaran berbasis penemuan untuk pengajaran volume. Tahap pertama, persiapan eksperimen, meliputi tinjauan literatur, merancang HLT-IL, dan mengidentifikasi pengetahuan awal siswa. Tahap kedua, merancang eksperimen, mencakup eksperimen pengajaran dan sub-eksperimen untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi HLT-IL. Data yang dikumpulkan selama fase ini digunakan untuk merevisi aktivitas pembelajaran agar sesuai dengan prinsip-prinsip berbasis penemuan. Tahap akhir, analisis retrospektif, berfokus pada menganalisis data untuk menyempurnakan desain HLT dan menjawab pertanyaan penelitian. Proses ini bersifat iteratif, memungkinkan perbaikan berkelanjutan pada jalur pembelajaran.

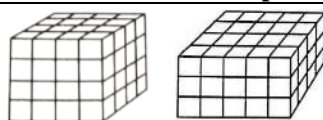
Penelitian ini melibatkan 28 siswa di Sekolah Dasar Negeri Punggul, Gedangan, Sidoarjo. Peserta dipilih menggunakan teknik sampling purposif [29]. Kemampuan matematika awal siswa ditentukan berdasarkan skor mereka dari tiga ujian matematika harian. Skor-skor ini dikategorikan ke dalam tiga tingkat kemampuan: rendah, sedang, dan tinggi [30]. Hasil kategorisasi ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Tingkat Kemampuan Matematika Siswa

Kategori	Interval Skor	Total	Nilai Rata-rata
Rendah	$0 \leq x < 75$	6 siswa	72.22
Sedang	$76 \leq x < 80$	9 siswa	85.18
Tinggi	$81 \leq x < 100$	13 siswa	94.92

Alat penelitian dan teknik pengumpulan data dalam studi ini meliputi tes, lembar kerja, dan lembar observasi. Data dikumpulkan melalui observasi yang dilakukan selama proses pembelajaran menggunakan lembar observasi yang diadaptasi oleh [31], lembar kerja yang dikembangkan oleh [32], dan alat tes berdasarkan [33]. Untuk memastikan validitas dalam penelitian ini, desain HLT-IL dan seluruh instrumen, termasuk lembar kerja, lembar observasi aktivitas siswa, dan tes, diverifikasi melalui proses dua tahap. Pertama, validasi ahli dilakukan oleh seorang dosen pendidikan matematika untuk menilai kesesuaian konten, integrasi antara aktivitas, dan kelayakan langkah-langkah HLT-IL. Kedua, seorang guru kelas melakukan uji keterbacaan untuk memastikan bahwa siswa dapat memahami bahasa, konteks, dan instruksi alat tersebut sesuai dengan tingkat mereka. Indikator dan contoh soal dari lembar kerja disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Indikator dan Item Sampel

Indikator	Item Sampel
1. Mampu menyusun dan mengilustrasikan bentuk kubus dan balok menggunakan dadu satuan.	 <p>1. Susunlah dadu menjadi bentuk kubus dan balok seperti yang diinstruksikan!</p>

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 2. Mampu menggambarkan bentuk ruang yang telah disusun. 3. Mampu menghitung jumlah dadu yang digunakan untuk membentuk bentuk. 4. Mampu menentukan volume bangun ruang berdasarkan jumlah dadu yang digunakan. 5. Mampu mengukur panjang, lebar, dan tinggi bentuk yang dibuat. | <ol style="list-style-type: none"> 2. Gambarlah kubus dan balok yang telah Anda buat! 3. Hitunglah jumlah dadu yang digunakan untuk membentuk kubus dan balok! 4. Tentukan volume kubus dan balok berdasarkan jumlah dadu yang Anda gunakan! 5.1 Ukurlah panjang, lebar, dan tinggi kubus dan balok dari kelompok lain! 5.2 Apakah panjang, lebar, dan tinggi kubus itu sama? Jelaskan! 5.3 Apakah panjang, lebar, dan tinggi balok itu sama? Jelaskan! 6. Jelaskan hubungan antara panjang, lebar, tinggi, dan volume suatu bentuk! 7. Berdasarkan penyelidikan anda, tuliskan rumus volume kubus dan balok! |
|--|---|

Prosedur penelitian mengikuti tahapan penelitian desain, dimulai dengan persiapan eksperimen yang terdiri dari tiga siklus utama. Pertama, dilakukan analisis kebutuhan melalui tinjauan literatur tentang Hypothetical Learning Trajectories (HLT) [34] dan Pembelajaran Berbasis Penyelidikan (IL) [35], [36]. Kedua, kemampuan matematika awal siswa dievaluasi menggunakan hasil dari tiga ujian harian. Ketiga, desain HLT-IL dikembangkan dengan mengintegrasikan komponen HLT—tujuan, aktivitas, dan hipotesis [10] dengan lima fase IL: orientasi, konseptualisasi, investigasi, konklusi, dan diskusi [35], [36]. Desain tersebut mencakup perkiraan respons siswa pada tingkat keterampilan rendah, sedang, dan tinggi. Tabel 3 memaparkan tujuan dan aktivitas HLT-IL, sedangkan Tabel 4 merinci perkiraan respons berdasarkan kategori siswa.

Tabel 3. Desain HLT-IL

Aktivitas IL	Sub Aktivitas IL	Sub Aktivitas IL dalam Volume Kubus dan Balok
Orientasi	Pengenalan dan penemuan	Membuat bentuk kubus dan balok dengan ukuran yang tepat menggunakan dadu.
Konseptualisasi	Mempertanyakan	Buatlah pertanyaan tentang cara menghitung volume ruang.
	Pembuatan hipotesis	Menghitung dadu yang membentuk kubus dan balok.
Investigasi	Eksplorasi	Menghitung panjang sisi, lebar, dan tinggi kubus dan balok.
	Eksperimen	Menghitung jumlah dadu dari bagian panjang sisi, lebar, dan tinggi kubus dan balok dari kelompok lain.
	Interpretasi data	Menganalisis hasil pengumpulan data dan menghubungkannya dengan konsep volume.
Konklusi	Meringkas dan Membandingkan	Merangkum dengan rumus volume berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang telah dilakukan.
Diskusi	Komunikasi	Mendiskusikan berbagai cara menghitung volume dan kesulitan yang dihadapi secara kritis.
	Refleksi	Mengevaluasi pemahaman siswa tentang konsep volume.

Tabel 4. Dugaan of HLT-IL per Sub Aktivitas IL

Aktivitas Sub IL	Dugaan HLT-IL pada Volume Kubus dan Balok
Pengenalan dan penemuan	– Siswa berkemampuan tinggi dapat menemukan bentuk dan ukuran kubus dan balok dengan ukuran yang tepat menggunakan kubus satuan (dadu) tanpa memerlukan bantuan.
	– Siswa berkemampuan sedang baru dapat membuat bentuk kubus dan balok menggunakan kubus satuan (dadu) setelah diberikan instruksi dan contoh.
	– Siswa berkemampuan rendah membutuhkan waktu yang lebih lama dan bantuan yang lebih intensif untuk membuat bentuk dan ukuran serta membangun bangun ruang kubus dan balok.
Mempertanyakan	– Siswa berkemampuan tinggi dapat merumuskan pertanyaan yang kompleks tentang cara menghitung volume bangun ruang.
	– Siswa berkemampuan sedang hanya dapat merumuskan pertanyaan tentang definisi

	<p>volume dan bangun ruang.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan dalam merumuskan pertanyaan yang berkaitan dengan konsep volume dan lebih cenderung mengajukan pertanyaan faktual.
Pembuatan hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menentukan jumlah kubus satuan (dadu) dalam membangun bangun ruang kubus dan balok tanpa memerlukan bantuan. – Siswa berkemampuan sedang baru dapat menentukan jumlah kubus satuan (dadu) dalam membangun bangun ruang kubus dan balok setelah diberikan instruksi dan contoh. – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan hanya dalam menghitung dan menentukan jumlah kubus satuan (dadu) pada permukaan bangun ruang kubus dan balok.
Eksplorasi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menentukan ukuran panjang sisi, lebar, dan tinggi dalam membangun kubus dan balok dengan benar tanpa memerlukan bantuan. – Siswa berkemampuan sedang hanya mampu mengukur sisi yang terlihat saja. – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan dalam membedakan ukuran panjang, lebar, dan tinggi pada bangun ruang kubus dan balok.
Eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menentukan ukuran panjang sisi, lebar, dan tinggi dalam membangun kubus dan balok dengan benar tanpa memerlukan bantuan. – Siswa berkemampuan sedang hanya mampu mengukur sisi yang terlihat saja. – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan dalam membedakan ukuran panjang, lebar, dan tinggi pada bangun ruang kubus dan balok.
Interpretasi data	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menentukan hubungan antara ukuran panjang sisi, lebar, dan tinggi dengan volume bangun ruang. – Siswa berkemampuan sedang hanya dapat menentukan ukuran panjang sisi, lebar, dan tinggi bangun ruang. – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan dalam menganalisis pengumpulan data.
Merangkum dan membandingkan	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menyimpulkan dan menentukan rumus volume kubus dan balok berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan. – Siswa berkemampuan sedang hanya dapat menyimpulkan volume suatu bangun ruang berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan. – Siswa berkemampuan rendah akan mengalami kesulitan dalam membuat kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan.
Komunikasi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa diharapkan dapat berpartisipasi aktif dalam diskusi kritis untuk menemukan solusi terkait kendala yang dihadapi setelah melakukan proses eksperimen.
Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa diharapkan dapat menyadari kesalahan dalam pemahaman mereka.

Tahap kedua adalah perancangan eksperimen, yang terdiri dari dua siklus. Pertama, uji coba awal desain HLT-IL bertujuan untuk mengevaluasi kelayakannya dalam konteks pembelajaran. Pada tahap ini, desain HLT-IL diterapkan dalam lingkungan yang terbatas untuk mengidentifikasi kelebihan dan kelemahannya. Berdasarkan temuan dari uji coba ini, revisi dilakukan untuk meningkatkan desain dengan mengatasi kelemahan dalam strategi pengajaran dan langkah-langkah instruksional, dengan harapan dapat meningkatkan efektivitasnya secara keseluruhan. Kedua, desain HLT-IL yang direvisi diterapkan dalam konteks yang lebih luas dalam implementasi pembelajaran eksperimental. Pada tahap ini, data dikumpulkan untuk mengevaluasi bagaimana desain yang dikembangkan mendukung peningkatan pemahaman konseptual siswa.

Tahap ketiga adalah analisis retrospektif. Pada tahap ini, para peneliti membandingkan hipotesis HLT-IL dengan proses pembelajaran yang diamati selama implementasi eksperimental. Analisis ini berfokus pada identifikasi penyebab mendasar dari hasil yang diamati dan menentukan area yang perlu ditingkatkan. Penting untuk dicatat bahwa penelitian desain tidak bertujuan untuk kesuksesan instan, melainkan berusaha memahami bagaimana dan mengapa suatu intervensi bekerja secara efektif.

Analisis data dilakukan menggunakan triangulasi untuk meningkatkan validitas temuan [37], dengan menggabungkan data dari lembar kerja, lembar observasi, dan tes. Lembar kerja dianalisis untuk mengevaluasi proses berpikir siswa, sementara lembar observasi mencatat tingkat keterlibatan siswa dalam lima kategori aktivitas: Orientasi dan Penemuan (OR), Konseptualisasi (CP), Investigasi (IN), Konklusi (CL), dan Diskusi (DI). Ujian diberikan untuk menilai pemahaman siswa tentang konsep volume ruang. Ketiga sumber data tersebut dianalisis secara komprehensif pada tahap analisis retrospektif untuk mengevaluasi efektivitas desain HLT-IL dan menyempurnakan jalur pembelajaran, memastikan bahwa jalur tersebut lebih responsif terhadap kebutuhan belajar siswa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai lintasan pembelajaran ruang digunakan untuk menentukan dampak Lintasan Pembelajaran Hipotetis yang terintegrasi dengan Pembelajaran Penyelidikan (HLT-IL) terhadap pemahaman konseptual siswa dalam menentukan rumus volume untuk kubus dan balok. Lintasan pembelajaran yang diterapkan terdiri dari lima aktivitas berurutan: orientasi, konseptualisasi, penyelidikan, kesimpulan, dan diskusi.

A. Hasil Observasi

Observasi di kelas dilakukan sebelum menganalisis hasil implementasi HLT-IL. Observasi ini bertujuan untuk menangkap dinamika pembelajaran dan tingkat keterlibatan siswa selama kegiatan berlangsung. Setiap kegiatan dalam rangkaian tersebut dievaluasi untuk mengidentifikasi tingkat pemahaman siswa dalam kelompok masing-masing selama implementasi HLT-IL. Hasilnya dirangkum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Observasi pada Sub-Kegiatan IL

Kelompok	Pengkodean Sub Kegiatan IL								
	OR1	CP1	CP2	IN1	IN2	IN3	CL1	DI1	DI2
Kelompok 1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Kelompok 2	1	3	2	3	3	3	3	3	2
Kelompok 3	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Kelompok 4	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Total	7	12	11	12	12	12	12	11	11
Rata-rata (%)	58.3	100	91.7	100	100	100	91.7	91.7	91.7

Deskripsi:

OR1 = Orientasi dalam pengenalan dan penemuan IN3 = Investigasi dalam interpretasi data
 CP1 = Konseptualisasi dalam bertanya CL1 = Kesimpulan dalam meringkas dan membandingkan
 CP2 = Konseptualisasi dalam pembuatan hipotesis DI1 = Diskusi dalam komunikasi
 IN1 = Investigasi dalam eksplorasi DI2 = Diskusi dalam refleksi
 IN2 = Investigasi dalam eksperimen

Tabel 5 menunjukkan bahwa partisipasi siswa tertinggi (100%) terjadi pada aktivitas CP1, IN1, IN2, dan IN3, menunjukkan keterlibatan yang kuat dalam pembentukan pertanyaan dan penyelidikan. Aktivitas seperti CP2, CL1, DI1, dan DI2 juga memiliki tingkat keterlibatan tinggi (91,7%), mencerminkan kemampuan siswa dalam merumuskan hipotesis, menarik kesimpulan, dan berpartisipasi dalam diskusi. Namun, partisipasi terendah terjadi pada OR1 (58,3%), menunjukkan keterlibatan yang terbatas selama fase orientasi awal. Temuan ini menyoroti bahwa fase penyelidikan dan konseptualisasi adalah fase yang paling menarik, sementara fase orientasi perlu ditingkatkan untuk lebih menarik minat siswa pada awal proses belajar.

A. Aktivitas Orientasi

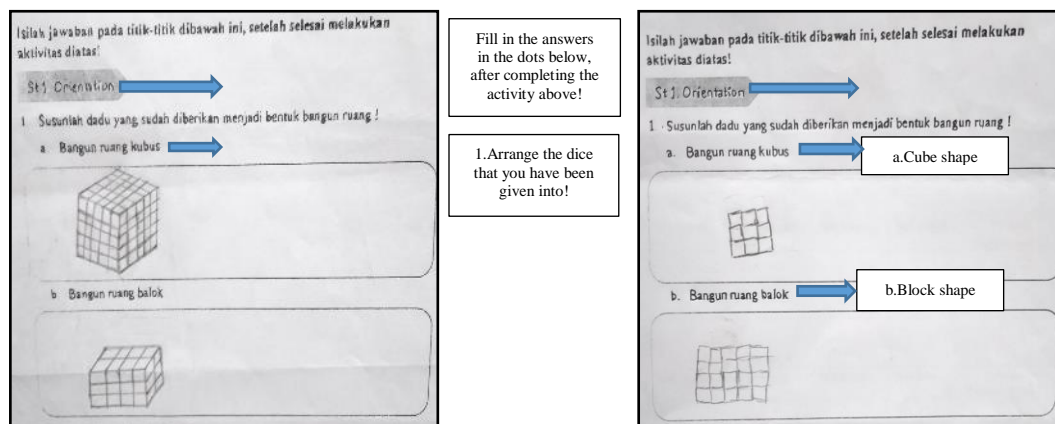
Dalam aktivitas orientasi, siswa diperkenalkan dengan konsep volume melalui pengalaman langsung dan praktis menggunakan dadu sebagai alat bantu fisik. Siswa didorong untuk mengamati dan secara aktif mengeksplorasi masalah yang diberikan. Data pengamatan menunjukkan bahwa beberapa kelompok siswa menunjukkan antusiasme dan fokus yang tinggi saat menyusun dadu untuk membentuk bentuk tiga dimensi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Siswa Membentuk Bangun Ruang Menggunakan Dadu

Siswa berkemampuan tinggi dengan cepat memahami instruksi dan menyusun bentuk-bentuk dengan proporsi yang akurat, sementara mahasiswa berkemampuan sedang dan rendah membutuhkan waktu lebih lama dan koreksi.

Aktivitas ini merangsang munculnya pertanyaan dan hipotesis terkait perhitungan volume berdasarkan susunan dadu. Bukti kolaborasi lembar kerja terlihat selama diskusi di antara mahasiswa sebelum menyelesaikan lembar kerja, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Jawaban Benar; (b) Jawaban Salah dalam Visualisasi

Kelompok 4 berhasil menyusun dadu menjadi bentuk kubus dan balok menggunakan model yang diminta. Susunan bagian atas berhasil membentuk kubus secara akurat baik dari segi jumlah maupun struktur, sementara susunan bagian bawah menyerupai balok ruang. Di sisi lain, Kelompok 2 tidak berhasil membangun bentuk yang diharapkan; susunan dadu mereka tidak menyerupai kubus maupun balok.

B. Aktivitas Konseptualisasi

Dalam aktivitas konseptualisasi, siswa mengikuti dua siklus. Pada siklus pertama, mereka mengajukan pertanyaan terkait volume, seperti definisinya, penyebab perbedaan volume, dan metode untuk menghitung volume kubus dan balok. Beberapa siswa mengeksplorasi perbedaan antara volume dan luas atau berusaha memahami volume tanpa mengandalkan rumus yang dihapal. Siswa berkemampuan tinggi menunjukkan penalaran yang kuat dengan merumuskan pertanyaan kritis dan hipotesis relevan berdasarkan susunan dadu. Sementara itu, siswa dengan keterampilan menengah dan rendah memerlukan dukungan guru atau teman sekelas untuk membangun hipotesis yang bermakna.

Pada siklus kedua, yang berfokus pada pembentukan hipotesis, siswa mengeksplorasi volume menggunakan dadu satuan. Guru memicu rasa ingin tahu dengan pertanyaan seperti, "Bagaimana kita menentukan ruang yang ditempati oleh dadu satuan?" Siswa merespons dengan hipotesis seperti penghitungan langsung atau mengidentifikasi pola susunan. Siswa berkemampuan tinggi mengenali strategi sistematis, siswa berkemampuan sedang mengusulkan ide tetapi membutuhkan bantuan untuk mengidentifikasi pola, dan siswa berkemampuan rendah memerlukan contoh konkret dan bimbingan langsung.

C. Aktivitas Investigasi

Dalam aktivitas investigasi yang melibatkan tiga siklus, siswa melakukan tugas kelompok terstruktur untuk memperdalam pemahaman mereka tentang volume. Pertama, selama siklus eksplorasi, siswa secara kolaboratif mengukur panjang, lebar, dan tinggi konstruksi kubus dan balok menggunakan dadu satuan dan mendokumentasikan temuan mereka (Gambar 4). Siswa berkemampuan tinggi mengukur secara mandiri dan akurat, menghubungkan data dengan konsep volume. Di sisi lain, siswa berkemampuan sedang dan rendah fokus pada dimensi yang terlihat dan memerlukan bimbingan untuk menafsirkan pengukuran.



Gambar 4. Eksplorasi Siswa Melalui Pengamatan Jumlah Dadu

Kedua, dalam siklus eksperimental, setiap kelompok menukar bentuk yang mereka buat untuk diukur. Siswa mengukur dimensi dan mendiskusikan hasilnya untuk memverifikasi temuan tersebut. Siswa berkemampuan tinggi menghubungkan hasil ini dengan konsep volume, sementara siswa berkemampuan sedang dan rendah masih bergantung pada bimbingan untuk memahami hubungan yang terlibat. Ketiga, pada siklus interpretasi data, siswa menganalisis hubungan dimensi untuk menentukan volume, memeriksa efek perubahan dimensi, dan menarik kesimpulan awal sebagai dasar untuk merumuskan volume. Siswa berkemampuan tinggi secara logis mengidentifikasi pola dan hubungan variabel, sedangkan yang lain memerlukan dukungan tambahan untuk terlibat dalam proses analitis ini.

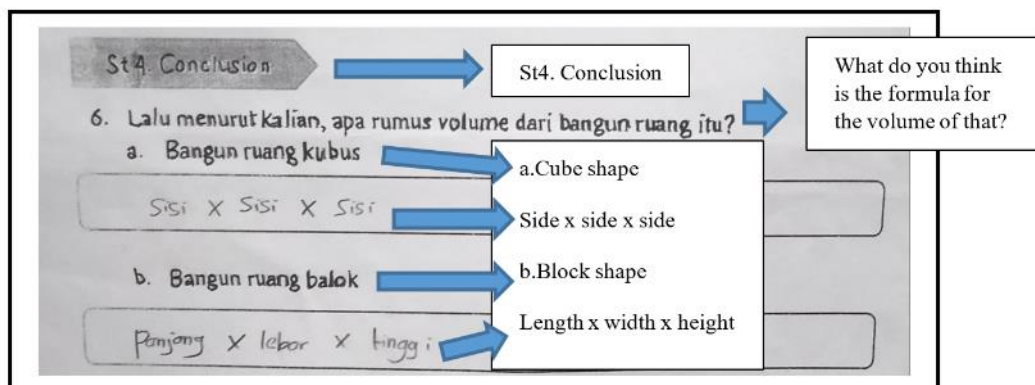
D. Aktivitas Konklusi

Dalam aktivitas konklusi, siswa merumuskan generalisasi mengenai volume pada bangun ruang, khususnya kubus dan balok, menggunakan dadu satuan. Mereka mencatat temuan mereka dalam lembar kerja sambil berpartisipasi dalam diskusi kelompok untuk memastikan pemahaman bersama. Interaksi siswa selama fase ini mencerminkan pembelajaran kolaboratif dan keterlibatan aktif dalam menarik kesimpulan konseptual, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diskusi Kelompok untuk Menemukan Rumus Volume Kubus dan Balok

Siswa berkemampuan tinggi berhasil menyimpulkan rumus volume berdasarkan pengamatan dan analisis mereka, dan mampu membandingkan kesimpulan mereka dengan kesimpulan kelompok lain. Di sisi lain, siswa berkemampuan sedang dan rendah memerlukan bimbingan guru untuk mengidentifikasi pola data dan menarik kesimpulan yang tepat. Proses ini berfungsi sebagai sintesis dari pengamatan dan pengalaman sebelumnya dalam kegiatan investigasi. Contoh tanggapan siswa selama kegiatan tersebut ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Jawaban Siswa dalam Aktivitas Konklusi

Para siswa membangun pemahaman mereka tentang rumus volume berdasarkan eksplorasi dan analisis sebelumnya, dan kemudian diminta untuk merumuskan kesimpulan mereka secara formal. Untuk bangun ruang berbentuk kubus, siswa merumuskan volume sebagai hasil kali sisi \times sisi \times sisi. Untuk bangun ruang berbentuk balok, mereka mengekspresikan volume sebagai hasil kali panjang \times lebar \times tinggi.

E. Aktivitas Diskusi

Dalam aktivitas diskusi, dua siklus dilakukan. Aktivitas komunikasi pertama melibatkan siswa dalam diskusi kritis tentang temuan dan tantangan mereka selama eksperimen. Mereka berbagi hasil, mengajukan pertanyaan, dan secara kolaboratif mengembangkan solusi berbasis bukti. Aktivitas refleksi kedua berfokus pada evaluasi proses

belajar mereka melalui diskusi yang dipandu oleh teman sebaya atau guru tentang jawaban, strategi, dan pemahaman konseptual. Siswa mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan penalaran dengan bantuan fasilitasi guru dan umpan balik teman sekelas. Struktur HLT akhir yang dihasilkan dari analisis retrospektif ditampilkan dalam Tabel 5.

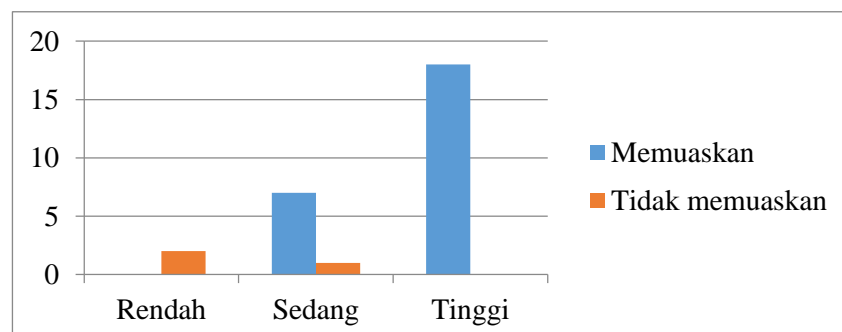
Tabel 6. HLT sebagai Hasil Analisis Retrospektif

Objektif	Cara Berpikir Siswa di Kelas yang Sebenarnya
Orientasi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat membuat dan menggambar bentuk kubus dan balok dengan benar. – Siswa berkemampuan sedang dan rendah dapat membuat bentuk kubus dan balok hingga menyelesaikan tugas, tetapi mereka membutuhkan waktu yang lebih lama dan beberapa koreksi untuk memastikan bentuknya sesuai.
Konseptualisasi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat merumuskan pertanyaan dan hipotesis yang akurat dan kritis terkait konsep volume bangun ruang. – Siswa berkemampuan sedang dan rendah membutuhkan bimbingan untuk merumuskan pertanyaan dan hipotesis.
Investigasi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menghitung dan menganalisis data dengan benar. – Siswa berkemampuan sedang dan rendah hanya menghitung di samping dan membutuhkan bimbingan dalam menganalisis data.
Konklusi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi dapat menyimpulkan rumus volume dengan benar dan kritis dari hasil pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan. – Siswa berkemampuan sedang dan rendah membutuhkan arahan untuk rumus volume.
Diskusi	<ul style="list-style-type: none"> – Siswa berkemampuan tinggi secara aktif berdiskusi dan memberikan refleksi yang mendalam. – Siswa berkemampuan sedang dan rendah memberikan pendapat sederhana dalam diskusi dan refleksi.

Berdasarkan analisis retrospektif, pendekatan HLT-IL menunjukkan variasi dalam pemahaman siswa pada tahap yang berbeda. Siswa berkemampuan tinggi menunjukkan kemandirian yang lebih besar dalam membangun konsep, sementara siswa berkemampuan sedang memerlukan dukungan saat merumuskan pertanyaan dan menarik kesimpulan. Siswa dengan keterampilan rendah memerlukan bimbingan intensif, terutama dalam aktivitas orientasi dan interpretasi data. Bimbingan diberikan melalui panduan langsung saat mengatur kubus dadu satuan, pertanyaan panduan selama eksperimen, dan bantuan visual untuk memahami hubungan antara dimensi panjang, lebar, dan tinggi dengan volume. Temuan ini menyoroti kebutuhan akan pengajaran yang disesuaikan, terutama selama aktivitas visualisasi dan manipulatif. Implementasi HLT-IL diakhiri dengan ujian untuk menilai pemahaman konseptual siswa.

F. Hasil Tes

Pelaksanaan HLT-IL diakhiri dengan ujian yang dirancang untuk menilai pemahaman siswa. Siswa dievaluasi, dan hasil tes dikategorikan menjadi dua kelompok: memuaskan dan tidak memuaskan. Kategori memuaskan menunjukkan bahwa siswa telah mengembangkan pemahaman yang baik tentang materi, sedangkan kategori tidak memuaskan mencerminkan kurangnya pemahaman konseptual. Distribusi hasil ini ditampilkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Nilai Tes Siswa

Hasil tes menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa setelah menerapkan HLT-IL. Dari 28 siswa, 26 siswa (92,86%) mencapai nilai dalam kategori memuaskan (nilai ≥ 51), sementara 2 siswa (7,14%) tetap berada dalam kategori tidak memuaskan (nilai < 51). Semua siswa berkemampuan tinggi (nilai 76-100) menunjukkan

pemahaman konseptual yang mandiri. Sebagian besar siswa berkemampuan sedang (nilai 51-75) juga mencapai tingkat yang memuaskan, sedangkan siswa berkemampuan rendah (nilai 0-50) masih memerlukan dukungan instruksional tambahan.

Temuan utama pertama mengungkapkan bahwa HLT-IL terdiri dari lima kegiatan utama dan sembilan sub-kegiatan, yang membentuk lintasan pembelajaran yang terstruktur dan sistematis. Hal ini sejalan dengan perspektif [12] yang menggarisbawahi pentingnya jalur pembelajaran eksplisit berbasis eksplorasi. Demikian pula, [38] berpendapat bahwa kegiatan eksploratif dan diskursif sangat penting untuk membangun makna matematika. Namun, berbeda dengan [27], yang menekankan pentingnya tahap orientasi, penelitian ini mengidentifikasi orientasi sebagai komponen yang relatif lemah, yang mungkin disebabkan oleh ketidakbiasaan siswa dengan representasi spasial yang konkret. Lebih lanjut, [39] menyoroti bahwa keterampilan guru secara signifikan memengaruhi efektivitas HLT dalam merespons dinamika kelas. Hal ini tercermin dari kebutuhan yang teramati untuk melakukan diferensiasi sesuai dengan tingkat kemampuan siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa desain HLT-IL harus tetap fleksibel dan adaptif untuk mengakomodasi variasi kesiapan dan latar belakang pengetahuan siswa.

Pada kegiatan orientasi, siswa diperkenalkan dengan konsep volume bangun ruang menggunakan dadu satuan sebagai representasi kubus dan balok. Siswa berkemampuan tinggi mendominasi tahap ini, karena mereka dapat dengan cepat memahami instruksi dan secara efektif menjembatani pengalaman konkret dengan konsep matematika yang abstrak [5]. Sebaliknya, siswa berkemampuan sedang dan rendah membutuhkan scaffolding untuk mendukung pemahaman mereka dalam mengkonstruksi bentuk kubus dan balok yang dimaksud [40]. Selama kegiatan konseptualisasi, siswa berkemampuan tinggi menunjukkan keterampilan merumuskan pertanyaan dan hipotesis yang kompleks, yang mencerminkan kemampuan berpikir kritis tingkat lanjut mereka [27]. Sementara itu, siswa berkemampuan sedang dan rendah kesulitan dalam membuat pertanyaan yang bermakna dan membutuhkan bimbingan karena pemahaman konseptual mereka yang terbatas.

Dalam kegiatan investigasi, siswa berkemampuan tinggi mampu mengukur dan menganalisis data secara akurat, menghubungkannya dengan konsep volume melalui kemampuan representasi yang kuat [41]. Sebaliknya, siswa berkemampuan sedang dan rendah menunjukkan miskonsepsi dengan hanya mengukur sisi yang terlihat, sehingga mengindikasikan perlunya scaffolding untuk mendukung pemahaman [42]. Selama kegiatan menyimpulkan, siswa berkemampuan tinggi berhasil merumuskan, sedangkan siswa berkemampuan sedang dan rendah membutuhkan bantuan guru untuk mengartikulasikan kesimpulan yang sederhana sekalipun. Dalam kegiatan diskusi, siswa berkemampuan tinggi dengan percaya diri menyampaikan pemahaman mereka tentang konsep volume, yang disebabkan oleh efikasi diri mereka yang lebih tinggi [9]. Sementara itu, rekan-rekan mereka mendapat manfaat dari interaksi kolaboratif dan pertukaran ide.

Temuan kedua menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memahami konsep volume secara memuaskan dengan menerapkan HLT-IL. Namun, tingkat pencapaian mereka bervariasi tergantung pada tingkat kemampuan awal. Hal ini sejalan dengan [12] yang menyoroti pentingnya eksplorasi bertahap dalam pembelajaran berbasis inkuiri. Penelitian sebelumnya [43], [44] juga menekankan pentingnya perancah untuk siswa dengan tingkat keterampilan yang lebih rendah. Berbeda dengan pembelajaran berbasis teknologi yang ditekankan oleh [6]. Penelitian ini menggarisbawahi nilai manipulasi konkret dalam mengembangkan pemahaman spasial. Temuan ini memperkuat pentingnya membedakan strategi pembelajaran berdasarkan kemampuan awal siswa [45].

Meskipun penelitian ini berkontribusi pada desain HLT-IL untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang volume bangun ruang, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian ini melibatkan jumlah sampel yang relatif kecil. Penelitian ini dilakukan di satu sekolah dengan karakteristik siswa yang relatif homogen, sehingga membatasi generalisasi temuan untuk konteks pendidikan yang lebih luas dan beragam. Kedua, potensi bias dalam mengamati partisipasi siswa, seperti subjektivitas peneliti dalam mendokumentasikan perilaku siswa, mungkin telah mempengaruhi keakuratan interpretasi data [37]. Oleh karena itu, penelitian di masa depan harus melibatkan populasi dan pengaturan yang lebih bervariasi untuk menguji konsistensi dan kemampuan beradaptasi dari implementasi HLT-IL dalam pembelajaran geometri.

Penelitian ini menawarkan pendekatan terstruktur untuk IL dan investigasi terbimbing yang meningkatkan pemahaman konseptual siswa tentang volume. Beberapa implikasi praktis muncul untuk praktik di kelas. Pertama, guru didorong untuk menerapkan HLT-IL dengan perancah bertingkat [43], memberikan dukungan yang disesuaikan berdasarkan kemampuan awal siswa. Siswa dengan kemampuan rendah dapat memperoleh manfaat dari manipulatif konkret dan bimbingan intensif, sementara siswa dengan kemampuan tinggi dapat ditantang untuk mengajukan pertanyaan, mengeksplorasi hubungan antar dimensi, dan menggeneralisasi konsep. Kedua, pemahaman konseptual dapat diperkuat melalui lembar kerja terbuka, kerja kelompok terstruktur, dan sesi reflektif. Strategi-strategi ini menggambarkan bagaimana HLT-IL dapat dibedakan untuk memenuhi kebutuhan siswa yang beragam dalam pembelajaran geometri [37], [19].

VII. SIMPULAN

Berdasarkan temuan dan pembahasan, penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan dan implementasi Hypothetical Learning Trajectories berdasarkan Inquiry Learning (HLT-IL), yang terdiri dari lima aktivitas utama dan sembilan sub-aktivitas, dapat secara signifikan memfasilitasi pemahaman siswa terhadap konsep volume ruang. Aktivitas konseptualisasi dan penyelidikan memainkan peran sentral dalam membangun representasi spasial siswa, terutama ketika didukung oleh scaffolding yang sesuai dengan tingkat keterampilan awal mereka. Variasi dalam keterampilan siswa menyoroti pentingnya menerapkan strategi diferensiasi dalam penerapan HLT-IL di kelas geometri. Studi masa depan disarankan untuk mengeksplorasi implementasi HLT-IL dalam konteks yang lebih beragam, termasuk variasi latar belakang siswa, tingkat pendidikan, dan karakteristik sekolah. Selain itu, studi selanjutnya dapat mengkaji penerapan HLT-IL pada topik geometri lain atau membandingkan efektivitasnya dengan pendekatan instruksional alternatif seperti pembelajaran berbasis masalah atau model penyelidikan terpadu. Pengembangan scaffolding multilevel yang lebih sistematis juga esensial untuk memberikan dukungan yang ditargetkan bagi siswa dengan keterampilan rendah dan memastikan hasil belajar yang lebih adil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] L. Ticu, "Studiarea geometriei gimnaziale prin conținuturi practice aplicative în clasa a VI-a," in Proceedings of The Third International Scientific Conference, Ion Creangă Pedagogical State University, 2023, pp. 174–177. doi: 10.46727/c.steam-2023.p174-177.
- [2] K. K. Chan and S. W. Leung, "Dynamic geometry software improves mathematical achievement: systematic review and meta-analysis," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 51, no. 3, pp. 311–325, Oct. 2014, doi: 10.2190/EC.51.3.c.
- [3] Y. Sahria and I. Yulfihani, "Pemanfaatan teknologi augmented reality dengan metode marker based tracking sebagai media pengenalan bangun ruang," *J. teknologi sist. inform. dan sist. komput.*, vol. 6, no. 1, p. 115, Jan. 2023, doi: 10.53513/jsk.v6i1.7395.
- [4] R. T. K. Seah and M. Horne, "The influence of spatial reasoning on analysing about measurement situations," *Math Ed Res J*, vol. 32, no. 2, pp. 365–386, Jun. 2020, doi: 10.1007/s13394-020-00327-w.
- [5] H. E. Putri, "Influence of concrete pictorial abstract approach to the improvement of spatial sense ability of elementary school students," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1157, p. 042083, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1157/4/042083.
- [6] OECD, *Teaching for the Future: Global Engagement, Sustainability and Digital Skills*. in International Summit on the Teaching Profession. OECD, 2023. doi: 10.1787/d6b3d234-en.
- [7] Sisman G.T and Meral A, "A study on sixth grade students' misconceptions and errors in spatial measurement: Length, area, and volume," *Int J of Sci and Math Educ*, vol. 14, no. 7, pp. 1293–1319, Oct. 2016, doi: 10.1007/s10763-015-9642-5.
- [8] M. Hisyam, A. Ramadhan, and I. M. Budiarsa, "Analysis of ability to understand the concept of space building volume in elementary school students in south palu district," *Jurnal Riset Pendidikan MIPA*, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.22487/j25490192.2021.v5.i1.pp39-47>.
- [9] D. Rozgonjuk, T. Kraav, K. Mikkor, K. Orav-Puurand, and K. Täht, "Mathematics anxiety among STEM and social sciences students: the roles of mathematics self-efficacy, and deep and surface approach to learning," *IJ STEM Ed*, vol. 7, no. 1, p. 46, Dec. 2020, doi: 10.1186/s40594-020-00246-z.
- [10] M. Simon, Ed., *Encyclopedia of mathematics education*. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-15789-0.
- [11] E. Mutaqin, L. Asyari, and N. Muslihah, "Hypothetical learning trajectory: Whole number multiplication in primary school," in Proceedings of the 1st International Conference on Business, Law And Pedagogy, EAI, 2019. doi: 10.4108/eai.13-2-2019.2286153.
- [12] D. H. Clements, "Learning and teaching early math; The learning trajectories approach; Third edition," Taylor&Francis group, 2020, doi: <https://doi.org/10.4324/9781003083528>.
- [13] Labibah and Amir, "Development of learning trajectory of perimeter and area of squares and rectangles through various tasks," *PE*, 2022, doi: 10.25273/pe.v12i1.12121.

- [14] Z. Mohseni, I. Masiello, R. M. Martins, and S. Nordmark, "Visual learning analytics for educational interventions in primary and secondary schools: A scoping review," *Learning Analytics*, vol. 11, no. 2, pp. 91–111, Jun. 2024, doi: 10.18608/jla.2024.8309.
- [15] F. Neno, S. S. Garak, and D. D. Samo, "Desain pembelajaran matematika realistik konteks permainan anak lego pada materi volume kubus dan balok untuk siswa kelas V SD," *Haumeni Journal of Education*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.35508/haumeni.v3i1.10820>.
- [16] L. Haas, "Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds," *Review of Education, Pedagogy, and Cultural Studies*, vol. 17, no. 1, pp. 1–6, Jan. 1995, doi: 10.1080/1071441950170102.
- [17] D. Triwahyuningtyas and I. K. Suastika, "Teaching 'surface area of a sphere and volume of a ball' using an inquiry approach," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 7, p. 077103, Dec. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077103.
- [18] L. Tunimah, F. Nursyahidah, and I. U. Albab, "Pengembangan hypothetical learning trajectory materi kerucut berkonteks tradisi sesaji rewanda menggunakan PMRI berbantuan adobe animate," *Aksioma: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 15, no. 1, 2024, doi: <https://core.ac.uk/download/pdf/609689878.pdf>.
- [19] F. Nursyahidah and I. U. Albab, "Learning design on surface area and volume of cylinder using indonesian ethnomathematics of traditional cookie maker assisted by geogebra," *Mathematics Teaching Research Journal*, vol. 13, no. 4, 2021, [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1332350>
- [20] F. Suciiana, E. Musdi, and I. M. Arnawa, "Pengembangan alur belajar berbasis realistic mathematic education (RME) pada materi lingkaran," *AJPM*, vol. 9, no. 2, Jun. 2020, doi: 10.24127/ajpm.v9i2.2769.
- [21] E. Jais, A. Anwar, and R. Rezky, "Desain hipotesis lintasan belajar volume bangun ruang sisi datar pada sekolah menengah pertama: Berbasis teori van hiele," *jppipa, pendidikan ipa, fisika, biologi, kimia*, vol. 9, no. 4, pp. 1778–1785, Apr. 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9i4.2722.
- [22] N. D. Rahman and A. N. D. Halim, "The effects of inquiry-based learning environment with augmented reality integration on spatial reasoning for topic of space," *SH*, vol. 16, no. 3, pp. 89–99, Sep. 2024, doi: 10.11113/sh.v16n3.2162.
- [23] O. Feriana, "Desaian pembelajaran volume kubus dan balok menggunakan filling dan packing kelas V," *Jurnal Kependidikan*, vol. 46, 2016, doi: <https://doi.org/10.21831/jk.v46i2.9709>.
- [24] N Rahmatin., Pramita, D., Sirajuddin, S., & Mahsup, M. (2019). Pengembangan modul pembelajaran bangun ruang dengan metode creative problem solving (CPS) pada siswa kelas VIII SMP. *JTAM (Jurnal teori dan aplikasi matematika)*, 3(1), 27. <https://doi.org/10.31764/jtam.v3i1.760>
- [25] A. Sanwidi, "Aplikasi wingeom dan media lectora inspire sebagai media pembelajaran pada materi bangun ruang geometri," *Bri*, vol. 5, no. 4, p. 731, Nov. 2020, doi: 10.28926/briliant.v5i4.548.
- [26] D. K. Mashuri, "Pengembangan media pembelajaran video animasi materi volume bangun ruang untuk SD kelas V," vol. 08, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-penelitian-pgsd/article/view/35876>
- [27] M. A. P. Nugraha, J. S. V. Sinolungan, R. Nur, S. Nuridah, and D. Cahyono, "Conceptual analysis of problem-based learning model in improving students critical thinking skill," *Journal of Education Research*, 2023, doi: <https://doi.org/10.37985/jer.v4i2.185>.
- [28] J. J. H. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, and N. Nieveen, Eds., *Educational design research*. London New York: Routledge, Taylor & Francis group, 2011. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203088364-12/design-research-learning-design-perspective-koeno-gravemeijer-paul-cobb>
- [29] J. W. Creswell, "Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches," *Sage Journal*, 2018, doi: <https://doi.org/10.1080/15424065.2022.2046231>.
- [30] I. N. Ayuningtyas, M. F. Amir, and M. D. K. Wardana, "Elementary school students' layers of understanding in solving literacy problems based on Sidoarjo context," *IJ*, vol. 13, no. 1, pp. 157–174, Jan. 2024, doi: 10.22460/infinity.v13i1.p157-174.
- [31] M. F. Amir and M. D. K. Wardana, "Pengembangan domino pecahan berbasis open ended untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa SD," *AJPM*, vol. 6, no. 2, p. 178, Dec. 2017, doi: 10.24127/ajpm.v6i2.1015.
- [32] M. F. Amir, "Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis masalah kontekstual untuk meningkatkan kemampuan metakognisi siswa sekolah dasar," *Journal of Medives*, 2018, doi: <https://doi.org/10.31331/medives.v2i1.538>.
- [33] A. Rofieq, "Teknik pemberian skor dan nilai hasil tes," 2008, [Online]. Available: <https://ngadimunhd.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/06/6-pemberian-skor-dan-nilai-hasil-tes.pdf>
- [34] A. Wijaya, E. Elmaini, and M. Doorman, "A learning trajectory for probability: A case of game-based learning," *J. Math. Educ.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2021, doi: 10.22342/jme.12.1.12836.1-16.

- [35] M. Artigue, M. Bosch, M. Doorman, P. Juhász, L. Kvasz, and K. Maass, “Inquiry based mathematics education and the development of learning trajectories,” *Teach. Math. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 3, pp. 63–89, Nov. 2020, doi: 10.5485/TMCS.2020.0505.
- [36] M. Pedaste et al., “Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle,” *Educational Research Review*, vol. 14, pp. 47–61, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.edurev.2015.02.003.
- [37] H.-G. Miles, “Book review: Qualitative data analysis. A methods sourcebook,” *German Journal of Human Resource Management: Zeitschrift für Personalforschung*, vol. 28, no. 4, pp. 485–487, Nov. 2014, doi: 10.1177/239700221402800402.
- [38] K. Gravemeijer and M. Doorman, “Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example,” *Educational studies in mathematics* 39, 111–129, 1999, doi: <https://doi.org/10.1023/A:1003749919816>.
- [39] R. van Bommel, I. Zitter, and E. de Bruijn, “Exploring the concept of a responsive curriculum in teacher education from the perspective of students and teacher educators,” 2023, doi: 10.1002/curj.295.
- [40] R. Saputra, N. Novaliyosi, S. Syamsuri, and A. Hendrayana, “Systematic literature review: Strategi scaffolding dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan pemahaman siswa,” *Cendekia*, vol. 8, no. 2, pp. 1697–1710, Jul. 2024, doi: 10.31004/cendekia.v8i2.3312.
- [41] S. Maisyarah and R. C. I. Prahmana, “Pembelajaran luas permukaan bangun ruang sisi datar menggunakan pendekatan pendidikan matematika realistik indonesia,” *jel*, vol. 6, no. 1, pp. 68–88, Jan. 2020, doi: 10.29408/jel.v6i1.1713.
- [42] D. A. Haidar, L. Yuliati, and S. K. Handayanto, “The effect of inquiry learning with scaffolding on misconception of light material among fourth-grade students,” *JPII*, vol. 9, no. 4, pp. 540–553, Dec. 2020, doi: 10.15294/jpii.v9i4.22973.
- [43] A. Bakker, J. Smit, and R. Wegerif, “Scaffolding and dialogic teaching in mathematics education: Introduction and review,” *ZDM Mathematics Education*, vol. 47, no. 7, pp. 1047–1065, Nov. 2015, doi: 10.1007/s11858-015-0738-8.
- [44] A. Watson, “Instances of mathematical thinking among low attaining students in an ordinary secondary classroom,” *The journal of mathematical behavior*, vol. 20, no. 4, pp. 461–475, Jan. 2001, doi: 10.1016/S0732-3123(02)00088-3.
- [45] F. H. Hidayati, “Differentiated instruction in the mathematics classroom: Teachers’ teaching experience in a teacher professional development,” *IJTLM*, vol. 3, no. 1, pp. 37–45, Jun. 2020, doi: 10.18860/ijtlm.v3i1.9699.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.