UIN IMAM BONJOL PADANG

Math Educa Journal 10 (2) (2026): 287-317

MATH EDUCA

Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika

Website: http://ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/matheducа

Email: mej.uinibpadang@gmail.com



DEVELOPMENT OF AN E-LKPD BASED ON DIDACTIC DESIGN TO ADDRESS LEARNING OBSTACLES IN THE TOPIC OF FLAT-SIDED SOLID GEOMETRY

PENGEMBANGAN *ELECTRONIC STUDENT WORKSHEET* (E-LKPD) BERBASIS DESAIN DIDAKTIS UNTUK MENGATASI *LEARNING OBSTACLES* PADA MATERI GEOMETRI BANGUN RUANG SISI DATAR

[1]Hani Yupita Salwa*, [2]Syukrul Hamdi

[1*,2]Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

E-mail: [1]haniyupita.2024@student.uny.ac.id*, [2]syukrulhamdi@uny.ac.id

Received: August 2026; Accepted: September 2026; Published: October 2026

Abstract

This study aims to develop a didactical design-based electronic student worksheet (E-LKPD) to address students' learning obstacles in the topic of three-dimensional geometric solids. The study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model integrated with didactical design principles. The product trial involved 34 eighth-grade students, two expert validators, and two teachers who assessed its practicality. Data were collected through observations, interviews, diagnostic tests, expert validation, questionnaires, and pretest-posttest assessments. Product validity and practicality were analyzed descriptively, while learning outcome improvements were examined using the N-Gain index and the Wilcoxon test. The identification of learning obstacles revealed three design priorities: strengthening visualization and representation, providing varied contexts for concept application, and introducing gradual learning activities to reduce students' dependence on worked examples. These priorities were implemented through images, geometric nets, instructional videos, exploratory activities, guiding questions, contextual problems, feedback, and reflection. The validation results yielded scores of 70.3% from the media expert and 72.3% from the subject matter expert, both classified as valid. Media refinements focused on layout, readability, consistency, and navigation, while material improvements emphasized learning activities and their alignment with students' learning obstacles. Teacher and student responses reached 90.00% and 86.23%, respectively, indicating a highly practical category. The mean learning outcome increased from 68.529 on the pretest to 89.529 on the posttest. The N-Gain score was 0.667, indicating moderate improvement. The Wilcoxon test revealed a statistically significant difference ($p < 0.001$), with an effect size of 0.879. The developed E-LKPD was valid and highly practical. However, the trial was limited to 34 students at one school over seven instructional sessions and employed a one-group design without a comparison group. Therefore, further research involving larger samples and comparison groups is needed to examine the product's effectiveness.

Keywords: E-LKPD, Didactic Design, Learning Obstacles, Flat-Sided Geometric Shapes.

*Corresponding author.

© 2026. Author.

p-ISSN: 2580-6726

e-ISSN: 2598-2133

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan E-LKPD berbasis desain didaktis untuk merespons *learning obstacles* siswa pada materi bangun ruang sisi datar. Penelitian menggunakan *Research and Development* dengan ADDIE terintegrasi desain didaktis. Uji coba melibatkan 34 siswa kelas VIII, dengan 2 ahli validator serta 2 guru sebagai responden kepraktisan. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, tes diagnostik, validasi, angket, dan *pretest-posttest*. Validitas dan kepraktisan dianalisis secara deskriptif, sedangkan peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan N-Gain dan uji *Wilcoxon*. Identifikasi *learning obstacles* menghasilkan tiga kebutuhan desain: penguatan visualisasi dan representasi, variasi konteks penerapan konsep, serta aktivitas bertahap untuk mengurangi ketergantungan pada contoh. Ketiganya diwujudkan melalui gambar, jaring-jaring bangun ruang, video, eksplorasi, pertanyaan pemantik, masalah kontekstual, umpan balik, dan refleksi. Validasi memperoleh skor 70,3% dari ahli media dan 72,3% dari ahli materi, keduanya berkategori valid. Penyempurnaan media mencakup tata letak, keterbacaan, konsistensi, dan navigasi; perbaikan materi difokuskan pada aktivitas dan keterkaitan konsep dengan hambatan siswa. Respons guru sebesar 90,00% dan siswa 86,23% termasuk kategori sangat praktis. Rata-rata nilai meningkat dari 68,529 pada *pretest* menjadi 89,529 pada *posttest*. N-Gain sebesar 0,667 berkategori sedang. Uji *Wilcoxon* menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,001$), dengan ukuran efek 0,879. E-LKPD yang dikembangkan valid dan sangat praktis. Namun, uji coba terbatas pada 34 siswa di satu sekolah selama tujuh pertemuan, menggunakan desain satu kelompok tanpa kelas pembanding. Oleh karena itu, efektivitas produk perlu dikaji melalui penelitian lanjutan dengan sampel lebih luas dan kelompok pembanding.

Kata kunci: E-LKPD, Desain Didaktis, *Learning Obstacles*, Bangun Ruang Sisi Datar.

PENDAHULUAN

Geometri merupakan bagian penting dalam pembelajaran matematika karena menuntut siswa untuk memahami bentuk, ukuran, posisi, hubungan antarelemen, serta representasi visual dan spasial (Jones, 2003; Utami et al., 2026). Pada materi bangun ruang sisi datar, pemahaman tidak hanya berkaitan dengan penguasaan rumus, tetapi juga dengan kemampuan untuk menghubungkan unsur bangun ruang, jaring-jaring, luas permukaan, dan volume (Ferdiani et al., 2025). Pemahaman tersebut diperlukan agar siswa mampu menerapkan konsep matematika dalam berbagai situasi, termasuk permasalahan yang berbeda dari contoh yang diberikan selama pembelajaran (Sugiarni et al., 2025). Namun, tuntutan pemahaman tersebut belum sepenuhnya sejalan dengan kemampuan konseptual siswa. Sejumlah siswa masih dapat menyelesaikan soal yang memiliki pola serupa dengan contoh, tetapi mengalami kesulitan ketika bentuk representasi atau konteks permasalahan mengalami perubahan (Lutfi et al., 2026). Kondisi ini mengindikasikan bahwa penguasaan prosedur perhitungan belum tentu mencerminkan kemampuan siswa dalam membangun dan menghubungkan konsep matematika secara utuh (Hasanah & Yulianti, 2020).

Permasalahan tersebut juga terlihat pada hasil observasi dan wawancara awal di MTs NW Darul Kamal Kembang Kerang yang menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan representasi, konsep, dan prosedur pada materi bangun ruang sisi datar (Nazarovich & Kurudirek, 2024). Siswa mengalami kesulitan memvisualisasikan objek tiga dimensi dari representasi dua dimensi, mengidentifikasi dan menghubungkan antarelemen bangun ruang, serta menentukan keterkaitan antara bentuk bangun, jaring-jaring, luas permukaan, dan volume (Andini & Cahyaningsih,

2024). Kesulitan menjadi lebih nyata ketika bentuk atau konteks soal diubah, karena siswa cenderung bergantung pada pola penyelesaian yang telah dicontohkan dan tidak segera dapat menyesuaikan strategi dengan karakteristik permasalahan yang baru. Hal tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara penguasaan prosedur dan pemahaman konseptual yang memungkinkan siswa menggunakan pengetahuan secara fleksibel (Silmi Juman et al., 2022). Dengan kata lain, persoalan yang dihadapi bukan sekadar ketidakmampuan menghitung atau mengingat rumus, melainkan juga berkaitan dengan bagaimana siswa membangun hubungan antarrepresentasi, memahami makna konsep, dan menerapkan pengetahuan dalam situasi yang berbeda (Hershkowitz, 2020). Oleh karena itu, diperlukan identifikasi terhadap hambatan belajar sebagai dasar untuk menentukan aktivitas dan dukungan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik kesulitan siswa (Cesaria & Herman, 2019).

Dalam perspektif *learning obstacles*, kesulitan-kesulitan tersebut dapat dipahami sebagai indikasi adanya hambatan dalam proses konstruksi pengetahuan matematis siswa. Brousseau (2002) menjelaskan bahwa hambatan belajar dapat ditinjau berdasarkan asal kemunculannya, yaitu hambatan ontogenik, epistemologis, dan didaktis. Hambatan ontogenik *(ontogenetic learning obstacle)* berkaitan dengan keterbatasan atau ketidaksiapan siswa sesuai dengan perkembangan dan kemampuan yang dimilikinya dalam mengikuti proses pembelajaran. Hambatan epistemologis *(epistemological learning obstacle)* berkaitan dengan keterbatasan pengetahuan siswa yang hanya dapat digunakan dalam konteks tertentu sehingga menimbulkan kesulitan ketika pengetahuan tersebut diterapkan pada situasi yang berbeda. Sementara itu, hambatan didaktis *(didactical learning obstacle)* berkaitan dengan faktor-faktor pembelajaran, termasuk pilihan penyajian materi, urutan pembelajaran, dan situasi didaktis yang dapat memengaruhi proses konstruksi pengetahuan siswa. (Brousseau, 2002). Ketiga kategori tersebut perlu diperhatikan secara terpadu karena kesulitan belajar dapat bersumber dari kesiapan siswa, karakteristik konsep matematika, maupun pengalaman pembelajaran yang diterimanya. Identifikasi terhadap berbagai hambatan tersebut menjadi landasan dalam merancang pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penyampaian materi, tetapi juga mempertimbangkan karakteristik siswa, potensi kesulitan, dan kemungkinan respons yang muncul selama proses pembelajaran (Febrianti et al., 2024; Nurhikmayati & Darhim, 2026).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk merespons hambatan belajar tersebut adalah Didactical Design Research (DDR). Suryadi (2019a, 2019b) menjelaskan DDR sebagai pendekatan penelitian yang berorientasi pada pengembangan desain didaktis berdasarkan analisis terhadap situasi pembelajaran dan hambatan belajar siswa. DDR mencakup tiga tahapan utama, yaitu analisis prospektif *(prospective analysis),* analisis metapedadidaktik *(metapedadidactic analysis*), dan analisis retrospektif (retrospective analysis). Analisis prospektif dilakukan sebelum pembelajaran melalui identifikasi

hambatan belajar, penyusunan situasi didaktis, prediksi respons siswa, serta perumusan antisipasi didaktis dan pedagogis. Analisis metapedadidaktik berfokus pada hubungan antara guru, siswa, dan materi selama proses pembelajaran berlangsung, sedangkan analisis retrospektif dilakukan dengan menghubungkan hasil analisis sebelum dan selama pembelajaran untuk mengevaluasi desain didaktis yang telah diterapkan (Suryadi, 2019b, 2019a). Dalam konteks pembelajaran bangun ruang sisi datar, pendekatan ini memungkinkan guru merancang aktivitas yang tidak hanya menyampaikan konsep dan rumus, tetapi juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi bentuk, menghubungkan representasi, membangun konsep, dan menerapkan pengetahuan dalam berbagai permasalahan. Dengan demikian, desain didaktis dapat menjadi landasan dalam mengembangkan bahan ajar yang mempertimbangkan karakteristik materi dan hambatan belajar siswa (Rahayu et al., 2021).

Salah satu bentuk implementasi desain didaktis dalam pembelajaran adalah pengembangan bahan ajar berupa *Electronic Student Worksheet* (E-LKPD). Melalui bahan ajar ini, hasil analisis *learning obstacles* dapat diintegrasikan ke dalam rangkaian aktivitas yang mencakup penyajian situasi didaktis, prediksi respons siswa, serta antisipasi didaktis dan pedagogis. E-LKPD tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi dan latihan soal, tetapi juga dapat dirancang untuk memfasilitasi siswa dalam mengamati objek, mengeksplorasi representasi, menemukan hubungan antarkonsep, menerapkan pengetahuan, dan merefleksikan proses belajarnya (Şener et al., 2025). Penggunaan E-LKPD memberikan peluang bagi siswa untuk berinteraksi dengan materi melalui berbagai representasi dan aktivitas yang disusun secara sistematis. Salah satu platform yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan E-LKPD adalah Wizer.me. Platform ini menyediakan beragam tipe aktivitas interaktif, penyisipan materi visual, serta fasilitas penilaian dan umpan balik otomatis yang dapat mendukung pelaksanaan aktivitas pembelajaran digital (Nurjanah et al., 2026). Dalam pembelajaran bangun ruang sisi datar, karakteristik tersebut dapat dimanfaatkan untuk menyajikan gambar bangun ruang, jaring-jaring, video pembelajaran, pertanyaan pemantik, latihan bertahap, dan permasalahan kontekstual. Namun, penggunaan teknologi digital tidak secara otomatis menghasilkan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Oleh karena itu, pengembangan E-LKPD perlu didasarkan pada hasil identifikasi hambatan belajar agar setiap representasi, pertanyaan, dan aktivitas yang disajikan memiliki fungsi didaktis dalam membantu siswa membangun pemahaman matematis (Safitri et al., 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas pengembangan lembar kerja digital maupun desain didaktis pada pembelajaran geometri. Sulistyowati et al. (2017) mengembangkan situasi didaktis pada materi volume prisma berdasarkan analisis *learning obstacles dan learning trajectory.* Penelitian tersebut menitikberatkan pada penyusunan situasi pembelajaran yang didasarkan pada hambatan

belajar dan lintasan belajar siswa. Sementara itu, Ferdiani et al. (2025) mengkaji penggunaan *interactive E-worksheet* pada materi bangun ruang sisi datar dengan meninjau kemampuan pemecahan masalah matematis berdasarkan gaya belajar *Honey* dan *Mumford*. Selain itu, Rizki R. et al. (2022) berfokus pada identifikasi hambatan belajar siswa dalam pemecahan masalah matematis, sedangkan Rahmawati et al. (2023) mengkaji desain didaktis bangun ruang sisi datar melalui pendekatan konstruktivisme dan model *discovery learning* (Ferdiani et al., 2025; Rahmawati et al., 2023; Rizki R. et al., 2022; Sulistyowati et al., 2017).

Meskipun penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi pada aspek identifikasi hambatan, perancangan situasi didaktis, maupun penggunaan lembar kerja digital, kajian-kajian tersebut masih berfokus pada aspek-aspek tersebut secara terpisah. Belum terintegrasinya hasil identifikasi *learning obstacles* ke dalam pengembangan E-LKPD interaktif berbantuan Wizer.me menunjukkan adanya ruang pengembangan yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan E-LKPD yang tidak hanya mengadaptasi lembar kerja ke dalam format digital, tetapi juga menjadikan hasil identifikasi ontogenetic, epistemological, dan didactical *learning obstacles* sebagai dasar penyusunan aktivitas dan situasi didaktis. Integrasi tersebut diharapkan menghasilkan bahan ajar yang lebih responsif terhadap karakteristik kesulitan siswa sekaligus mendukung konstruksi pemahaman konsep pada materi bangun ruang sisi datar. Dengan demikian, kebutuhan pengembangan tidak berhenti pada penghasilan LKPD dalam format elektronik, tetapi pada bagaimana hasil diagnosis *learning obstacles* dioperasionalkan menjadi rancangan aktivitas pembelajaran yang memiliki fungsi didaktis.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD interaktif berbantuan Wizer.me pada materi bangun ruang sisi datar untuk siswa kelas VIII MTs NW Darul Kamal Kembang Kerang. Pengembangan dilakukan dengan mengintegrasikan hasil identifikasi *ontogenetic, epistemological,* dan *didactical learning obstacles* ke dalam penyusunan aktivitas dan situasi didaktis. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan keefektifan E-LKPD yang dikembangkan sebagai bahan ajar digital dalam mendukung pemahaman konsep matematis siswa. Produk yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif bahan ajar sekaligus lembar kerja digital yang mendukung siswa dalam membangun, menghubungkan, dan menerapkan pemahaman konsep bangun ruang sisi datar.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode research and development (R&D) yang bertujuan menghasilkan E-LKPD berbasis desain didaktis untuk materi bangun ruang sisi datar (Slamet, 2022). Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang diintegrasikan dengan prinsip desain didaktis, yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation* (Branch, 2009). Model ADDIE digunakan untuk mengembangkan E-LKPD berbasis desain didaktis yang disusun berdasarkan hasil identifikasi *learning obstacles* siswa pada materi geometri bangun ruang sisi datar. Prinsip desain didaktis digunakan sebagai landasan dalam merancang aktivitas, pertanyaan pemantik, representasi visual, dan tahapan pembelajaran pada E-LKPD agar sesuai dengan kebutuhan belajar siswa. Integrasi dilakukan untuk memastikan bahwa pengembangan E-LKPD tidak hanya menghasilkan bahan ajar sekaligus lembar kerja digital, tetapi juga didasarkan pada kebutuhan belajar yang diperoleh melalui identifikasi *learning obstacles* siswa.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama dua bulan pada tahun 2026 di MTs NW Darul Kamal Kembang Kerang. Penelitian dilaksanakan setelah memperoleh izin dari pihak MTs NW Darul Kamal Kembang Kerang. Pelaksanaan penelitian memperhatikan hak dan kenyamanan siswa sebagai subjek penelitian. Informasi mengenai tujuan, prosedur, dan kegiatan penelitian disampaikan kepada pihak sekolah serta orang tua atau wali siswa. Persetujuan orang tua atau wali dan kesediaan siswa untuk berpartisipasi diperoleh sebelum pengumpulan data. Identitas siswa dijaga kerahasiaannya dengan menggunakan kode atau inisial dalam pengolahan dan penyajian data. Data yang diperoleh hanya digunakan untuk kepentingan penelitian dan publikasi ilmiah.

Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan 34 siswa SMP kelas VIII sebagai subjek uji coba E-LKPD pada materi bangun ruang sisi datar yang mencakup kubus, balok, prisma, dan limas. Pemilihan subjek dilakukan pada kelas yang memperoleh materi bangun ruang sisi datar sesuai dengan cakupan produk yang dikembangkan. Selain siswa, penelitian ini melibatkan 2 guru sebagai responden uji kepraktisan dan 2 validator ahli untuk menilai kelayakan produk. Data penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, tes diagnostik, lembar validasi ahli, angket respons guru dan siswa, serta tes hasil belajar berupa *pretest* dan *posttest*.

Prosedur Penelitian

Pengembangan E-LKPD dilaksanakan melalui lima tahap ADDIE, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation*. Operasionalisasi setiap tahap disesuaikan dengan

kegiatan penelitian, data yang dikumpulkan, keluaran, serta keputusan desain yang dihasilkan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Operasionalisasi Tahapan ADDIE Berbasis Analisis *Learning Obstacles* dan Desain Didaktis

Tahap	Kegiatan Penelitian	Data yang Dikumpulkan	Keluaran dan Keputusan Desain
Analysis	Menganalisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, kurikulum, materi, serta mengidentifikasi learning obstacles melalui tes diagnostik, observasi, dan wawancara.	Hasil tes diagnostik, catatan observasi, dan hasil wawancara guru serta lima siswa.	Identifikasi hambatan belajar dan penentuan kebutuhan pembelajaran sebagai dasar pengembangan E-LKPD.
Design	Menyusun tujuan pembelajaran, urutan aktivitas, situasi didaktis, prediksi respons siswa, serta antisipasi didaktis dan pedagogis.	Hasil identifikasi learning obstacles, karakteristik materi, dan tujuan pembelajaran.	Rancangan E-LKPD yang memuat aktivitas pembelajaran berdasarkan hambatan yang teridentifikasi.
Development	Mengembangkan rancangan E-LKPD menggunakan Wizer.me dan melakukan validasi media oleh dua ahli.	Skor penilaian validator dan saran perbaikan.	Prototipe E-LKPD yang direvisi berdasarkan hasil validasi media.
Implementation	Menerapkan E-LKPD kepada 34 siswa selama empat pertemuan, masing-masing 80 menit. Pembelajaran dilaksanakan secara berkelompok dengan menggunakan telepon seluler siswa dan akses internet melalui Wi-Fi.	Hasil pretest dan posttest, respons guru dan siswa, serta data observasi selama implementasi.	Data kepraktisan dan perubahan hasil belajar siswa setelah penggunaan E-LKPD.
Evaluation	Melakukan evaluasi formatif dan sumatif terhadap produk berdasarkan hasil validasi, respons pengguna, dan hasil implementasi.	Hasil validasi, angket respons, hasil tes, dan catatan implementasi.	Penilaian kualitas produk dan rekomendasi perbaikan E-LKPD.

Pada tahap *Analysis*, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, kurikulum, dan karakteristik materi bangun ruang sisi datar. Identifikasi *learning obstacles* dilakukan melalui tes diagnostik, observasi pembelajaran, serta wawancara dengan dua guru matematika kelas VIII dan lima siswa. Tes diagnostik digunakan untuk mengetahui kesulitan siswa dalam memahami unsur dan sifat bangun ruang, menghubungkan berbagai representasi, serta menyelesaikan permasalahan terkait luas permukaan dan volume. Hasil identifikasi selanjutnya dianalisis berdasarkan karakteristik hambatan

ontogenik, epistemologis, dan didaktis dengan mengacu pada kerangka teoretis Brousseau (2002) dan Suryadi (2019a). Hasil analisis digunakan untuk menentukan kebutuhan belajar dan aspek pembelajaran yang perlu difasilitasi melalui E-LKPD.

Tahap *Design* diarahkan pada penyusunan desain didaktis berdasarkan *learning obstacles* yang telah teridentifikasi. Tahap desain dilakukan dengan menyusun rancangan E-LKPD berdasarkan hasil identifikasi *learning obstacles*. Rancangan meliputi tujuan pembelajaran, urutan penyajian materi, situasi didaktis, aktivitas eksplorasi, pertanyaan pemantik, latihan, dan evaluasi. Pada tahap ini juga disusun prediksi respons siswa terhadap aktivitas yang diberikan serta antisipasi didaktis dan pedagogis terhadap kemungkinan kesulitan yang muncul. Prediksi dan antisipasi tersebut digunakan untuk menentukan bentuk bantuan, petunjuk, representasi, dan umpan balik yang sesuai dengan kebutuhan belajar siswa. Rancangan kemudian disusun menjadi struktur E-LKPD pada materi kubus, balok, prisma, dan limas.

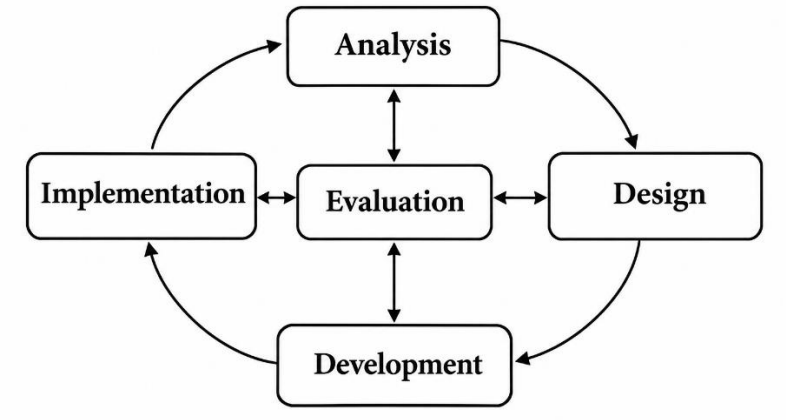
Tahap *Development* dilakukan dengan merealisasikan rancangan desain didaktis ke dalam bentuk *prototype* E-LKPD yang dapat digunakan dalam pembelajaran materi bangun ruang sisi datar. Pada tahap ini, rancangan desain didaktis direalisasikan menjadi E-LKPD interaktif menggunakan platform *Wizer.me*. Produk dikembangkan untuk materi kubus, balok, prisma, dan limas dengan memperhatikan keterkaitan antara materi, representasi, aktivitas, serta hambatan belajar yang telah diidentifikasi. *Prototype* E-LKPD selanjutnya divalidasi oleh dua ahli media untuk menilai kualitas tampilan, keterbacaan, navigasi, kemudahan penggunaan, interaktivitas, dan fungsi teknis produk.

Validasi ahli materi dilakukan untuk menilai kesesuaian substansi E-LKPD dengan karakteristik materi bangun ruang sisi datar, tujuan pembelajaran, serta prinsip desain didaktis yang digunakan. Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian materi dengan capaian dan tujuan pembelajaran, ketepatan konsep dan prosedur matematis, kedalaman dan keluasan materi, kualitas penyajian aktivitas pembelajaran, kesesuaian pertanyaan dan tugas dengan karakteristik siswa, serta keterkaitan aktivitas dengan *learning obstacles* yang telah diidentifikasi. Validasi ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap aktivitas dalam E-LKPD memiliki landasan matematis dan didaktis yang tepat serta mampu memfasilitasi siswa dalam membangun pemahaman konsep. Sementara itu, validasi ahli media dilakukan untuk menilai kualitas E-LKPD dari aspek penyajian dan aspek teknis sebagai bahan ajar sekaligus sebagai lembar kerja digital. Penilaian mencakup kualitas tampilan visual, keterbacaan teks, pemilihan dan penataan elemen visual, konsistensi desain, navigasi, kemudahan penggunaan, interaktivitas, keteraturan penyajian, serta aspek teknis dan fungsionalitas platform yang digunakan. Validasi ahli media bertujuan untuk memastikan bahwa E-LKPD dapat digunakan dengan mudah, menarik, dan fungsional, sehingga mendukung keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Hasil

penilaian dan saran validator digunakan sebagai dasar perbaikan produk sebelum diterapkan dalam pembelajaran.

Tahap *Implementation* dilakukan pada 34 siswa kelas VIII selama tujuh pertemuan, dengan alokasi waktu 90 menit pada setiap pertemuan. Pembelajaran dilaksanakan secara berkelompok dengan memanfaatkan telepon genggam siswa dan akses internet melalui Wi-Fi. Sebelum penggunaan E-LKPD, siswa mengerjakan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal pada materi bangun ruang sisi datar. Selanjutnya, siswa mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD sesuai aktivitas yang telah dirancang. Selama implementasi, respons siswa terhadap aktivitas, pertanyaan, dan permasalahan yang disajikan dalam E-LKPD diamati untuk mengetahui kesesuaian antara respons aktual dengan prediksi respons yang telah disusun pada tahap desain. Dalam pelaksanaannya, guru berperan sebagai fasilitator dan pendamping yang mengarahkan siswa dalam menggunakan E-LKPD, memberikan penjelasan terhadap petunjuk atau aktivitas yang belum dipahami, serta memfasilitasi diskusi kelompok tanpa langsung memberikan jawaban atas permasalahan yang dikerjakan. Sementara itu, peneliti berperan mengamati dan mencatat respons, interaksi, serta kesulitan yang dialami siswa selama proses pembelajaran. Hasil pengamatan tersebut digunakan sebagai bahan evaluasi untuk mengetahui kesesuaian rancangan aktivitas didaktis dengan respons aktual siswa.

Tahap *Evaluation* dilakukan secara formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahap pengembangan untuk mengidentifikasi kekurangan dan menentukan perbaikan produk. Evaluasi sumatif dilakukan setelah implementasi untuk menilai kualitas akhir E-LKPD berdasarkan aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Pada tahap ini juga dianalisis perubahan respons dan kesulitan siswa untuk melihat sejauh mana desain didaktis yang diintegrasikan ke dalam E-LKPD dapat membantu mengurangi *learning obstacles* pada materi bangun ruang sisi datar.



Gambar 1. Tahapan Model ADDIE

Data, Intrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Untuk kegiatan observasi dan wawancara, disini wawancara yang peneliti lakukan adalah wawancara tidak terstruktur guna menggali infromasi lebih mendalam tanpa mengikat daftar pertanyaan sehingga infromasi dan pembicaraan pat mengalir lebih alami untuk menggali pandangan, emosi, dan pengalaman pribadi secara mendalam langsung dari sudut pandang nasrasumber (guru dan siswa).

Instrumen penelitian terdiri atas, tes diagnostik, lembar validasi ahli, angket respons guru dan siswa, serta tes hasil belajar.Kisi-kisi setiap instrumen disusun berdasarkan indikator pengukuran yang telah ditetapkan. Lembar observasi terdiri atas 10 pernyataan yang mencakup proses pembelajaran, respons siswa, pemahaman terhadap unsur dan karakteristik bangun ruang, serta kesulitan menghubungkan representasi visual dengan konsep matematis. Wawancara guru dan siswa memuat 10 pertanyaan yang menggali pengalaman pembelajaran, kesulitan memahami konsep, penggunaan representasi, dan kemampuan menyelesaikan soal dalam konteks berbeda. Selanjutnya, tes diagnostik dan tes hasil belajar disusun sebanyak 20 butir soal yang mencakup pemahaman prasyarat, unsur-unsur kubus, balok, prisma, dan limas, serta kemampuan menyelesaikan permasalahan luas permukaan dan volume dalam konteks kehidupan sehari-hari. Lembar validasi ahli materi dan ahli media menggunakan skala penilaian 1–5 dengan 21 butir penilaian yang mencakup kesesuaian materi, ketepatan konsep, kedalaman materi, aktivitas pembelajaran, relevansi dengan *learning obstacles*, tampilan visual, keterbacaan, konsistensi desain, navigasi, kemudahan pengoperasian, dan interaktivitas media. Sementara itu, angket respons guru dan siswa masing-masing terdiri atas 20 pernyataan dengan skala penilaian 1–5 yang meliputi kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, penyajian materi, kualitas tampilan, interaktivitas, dan pengalaman belajar, termasuk kemudahan memahami petunjuk serta mengoperasikan fitur-fitur E-LKPD. Seluruh instrumen disusun sesuai dengan indikator masing-masing dan divalidasi sebelum digunakan untuk memastikan kesesuaian isi, kejelasan butir, serta ketepatan pengukuran terhadap aspek yang diteliti.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Data kualitatif yang diperoleh melalui observasi, wawancara, komentar validator, dan respons siswa dianalisis melalui tahapan reduksi data, pengelompokan berdasarkan kategori, penyajian data, serta penarikan kesimpulan (Miles et al., 2014). Kemudian, analisis perubahan *learning obstacles* dilakukan dengan membandingkan pola kesulitan siswa sebelum dan sesudah penggunaan E-LKPD berdasarkan indikator dan butir soal yang merepresentasikan hambatan awal. Perubahan ditinjau dari berkurangnya kesalahan pada indikator tertentu, meningkatnya ketepatan dalam menggunakan representasi dan konsep, serta kemampuan menerapkan pengetahuan pada variasi permasalahan. Temuan tersebut dibandingkan

dengan hasil observasi, jawaban siswa selama menggunakan E-LKPD, dan respons aktual siswa terhadap aktivitas pembelajaran. Hasilnya digunakan untuk menilai kesesuaian prediksi respons dan antisipasi didaktis yang telah dirancang.

Analisis kuantitatif digunakan untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan E-LKPD. Kevalidan dianalisis berdasarkan rata-rata skor penilaian ahli materi dan ahli media menggunakan skala 1–5. Data hasil validasi E-LKPD oleh ahli materi dan ahli media dianalisis untuk menentukan tingkat validitas produk menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{f}{n} \times 100\%$$

Skor yang diperoleh dari setiap butir penilaian dihitung berdasarkan rata-rata skor validasi. Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria validasi yang disesuaikan dengan skala penilaian yang digunakan. Skor setiap validator dihitung berdasarkan rata-rata skor yang diperoleh, kemudian dikonversi menjadi persentase. E-LKPD dinyatakan sangat valid apabila memperoleh rata-rata skor 4,21–5,00; valid apabila memperoleh skor 3,41–4,20; cukup valid apabila memperoleh skor 2,61–3,40; kurang valid apabila memperoleh skor 1,81–2,60; dan tidak valid apabila memperoleh skor 1,00–1,80. Produk dinyatakan memenuhi kriteria validitas apabila memperoleh sekurang-kurangnya kategori valid atau skor rata-rata ≥3,41.

Data kepraktisan E-LKPD diperoleh dari angket respons guru dan siswa setelah menggunakan produk tersebut dalam pembelajaran. Data dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung persentase skor yang diperoleh menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\%$$

Persentase yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria kepraktisan yang digunakan. Hasil analisis kepraktisan dikategorikan berdasarkan persentase skor yang diperoleh. Persentase sebesar 81%–100% termasuk dalam kategori sangat praktis, persentase 61%–80% termasuk dalam kategori praktis, persentase 41%–60% termasuk dalam kategori cukup praktis, persentase 21%–40% termasuk dalam kategori kurang praktis, sedangkan persentase 0%–20% termasuk dalam kategori tidak praktis. E-LKPD dinyatakan praktis apabila memperoleh persentase sekurang-kurangnya 61%. Semakin besar persentase yang diperoleh, semakin tinggi tingkat kepraktisan E-LKPD dalam mendukung proses pembelajaran. Data yang diperoleh dari respons guru dan siswa selanjutnya dianalisis untuk menggambarkan kemudahan penggunaan, kualitas pembelajaran, kesesuaian antara isi dan tujuan pembelajaran, serta kualitas teknis E-LKPD.

Keefektifan E-LKPD dianalisis berdasarkan perubahan kemampuan siswa sebelum dan sesudah menggunakan E-LKPD melalui skor pretest dan posttest. Peningkatan kemampuan siswa dianalisis

menggunakan nilai normalized gain (N-Gain) yang menunjukkan besarnya peningkatan skor dengan mempertimbangkan skor maksimum yang dapat dicapai. Perhitungan N-Gain berdasarkan rata-rata kelompok mengacu pada Hake (1998) dengan rumus sebagai berikut.

$$g = \frac{\text{Posttest Score} - \text{Pretest Score}}{\text{Maximum Score} - \text{Pretest Score}}$$

Nilai N-Gain yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan untuk menentukan tingkat peningkatan kemampuan siswa. Nilai N-Gain dengan $g \geq 0{,}70$ termasuk dalam kategori tinggi, nilai $0{,}30 \leq g < 0{,}70$ termasuk kategori sedang, sedangkan nilai $g < 0{,}30$ termasuk kategori rendah. Berdasarkan kriteria tersebut, E-LKPD dinyatakan efektif apabila memperoleh nilai rata-rata N-Gain sekurang-kurangnya 0,30 atau berada pada kategori sedang (Hake, 1998).

Selain N-Gain, analisis hasil belajar secara individual dilakukan melalui statistik deskriptif yang bertujuan memberikan gambaran mengenai hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penggunaan E-LKPD. Selanjutnya, distribusi skor selisih pretest dan posttest diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk. Apabila data selisih berdistribusi normal, perbedaan skor dianalisis menggunakan *paired-samples t-test*, sedangkan apabila tidak memenuhi asumsi normalitas, digunakan uji Wilcoxon. Ketuntasan belajar dianalisis berdasarkan persentase siswa yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75, baik pada *pretest* maupun *posttest.*

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil

Identifikasi *Learning Obstacles* Siswa

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran geometri pada materi bangun ruang sisi datar masih menghadapi sejumlah hambatan dalam proses belajar. Berdasarkan hasil observasi, siswa cenderung mengalami kesulitan ketika pembelajaran menuntut mereka untuk memvisualisasikan bangun ruang, menghubungkan gambar dengan bentuk sebenarnya, serta menjelaskan alasan penggunaan suatu rumus. Kesulitan juga terlihat ketika siswa diberikan permasalahan yang berbeda dari contoh yang telah diberikan sebelumnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih cenderung prosedural dan belum sepenuhnya terbentuk secara konseptual (Cesaria & Herman, 2019; Fitriawan et al., 2026).

Temuan observasi tersebut diperkuat melalui wawancara dengan guru. Guru menjelaskan bahwa siswa umumnya dapat mengikuti penyelesaian soal apabila bentuk dan langkah pengerjaannya serupa dengan contoh yang diberikan. Namun, ketika bentuk soal atau konteks permasalahan diubah, sebagian siswa mengalami kesulitan menentukan konsep yang harus digunakan. Guru juga menyampaikan bahwa siswa masih memerlukan bantuan saat mengidentifikasi unsur-unsur bangun

ruang dan menghubungkannya dengan luas permukaan maupun volume. Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan akan aktivitas pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penggunaan rumus, tetapi juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun hubungan antarkonsep (Dhaffah et al., 2026; Dharma et al., 2021).

Hasil wawancara dengan siswa menunjukkan kecenderungan yang serupa. Siswa menyatakan bahwa mereka mengalami kesulitan membayangkan bentuk bangun ruang, memahami konsep, dan menentukan cara penyelesaian ketika soal disajikan dalam bentuk yang berbeda dari contoh. Selain kesulitan kognitif, hasil tes diagnostik juga menunjukkan adanya kecemasan atau rasa takut yang dialami siswa saat menghadapi pembelajaran matematika. Kondisi afektif tersebut perlu dipertimbangkan dalam perancangan pembelajaran karena dapat memengaruhi keterlibatan siswa saat menghadapi aktivitas dan permasalahan matematika.

Berdasarkan temuan tersebut, hambatan belajar siswa diklasifikasikan ke dalam *ontogenic learning obstacle*, *epistemological learning obstacle*, dan *didactical learning obstacle*. Klasifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik hambatan, kesiapan siswa, kesulitan dalam menerapkan pengetahuan pada situasi tertentu, serta kondisi pembelajaran yang berpotensi memengaruhi proses konstruksi pemahaman.

Tabel 2. Identifikasi dan Analisis *Learning Obstacles* Siswa

Jenis Learning Obstacles	Temuan	Kebutuhan Pembelajaran	Respons Desain E-LKPD
Ontogenic	Kesulitan memvisualisasikan bangun ruang serta mengenali unsur dan karakteristiknya, serta munculnya rasa cemas dan takut saat belajar.	Penguatan pengetahuan awal, pengalaman visual dan pembelajaran bertahap.	Materi prasyarat, visualisasi, contoh bertahap, dan umpan balik.
Epistemological	Kesulitan memahami konsep dan rendahnya kemampuan pemecahan masalah, terutama ketika bentuk soal atau konteksnya berubah.	Pemahaman konsep melalui berbagai representasi dan situasi.	Pertanyaan pemantik, eksplorasi, masalah kontekstual, dan variasi representasi.
Didactical	Siswa cenderung bergantung pada contoh dan prosedur yang diberikan.	Pembelajaran yang membangun konsep secara bertahap dan menghubungkan konsep tersebut dengan prosedur.	Situasi didaktis, petunjuk bertahap, eksplorasi, dan latihan berjenjang.

Hasil identifikasi tersebut menjadi dasar pengembangan E-LKPD berbasis desain didaktis. Setiap hambatan yang ditemukan digunakan untuk menentukan situasi didaktis, aktivitas siswa, prediksi

respons, serta antisipasi didaktis dan pedagogis. Dengan demikian, E-LKPD yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai bahan ajar sekaligus lembar kerja digital, tetapi juga dirancang berdasarkan kebutuhan belajar dan hambatan yang dihadapi siswa.

Desain E-LKPD Berbasis Desain Didaktis

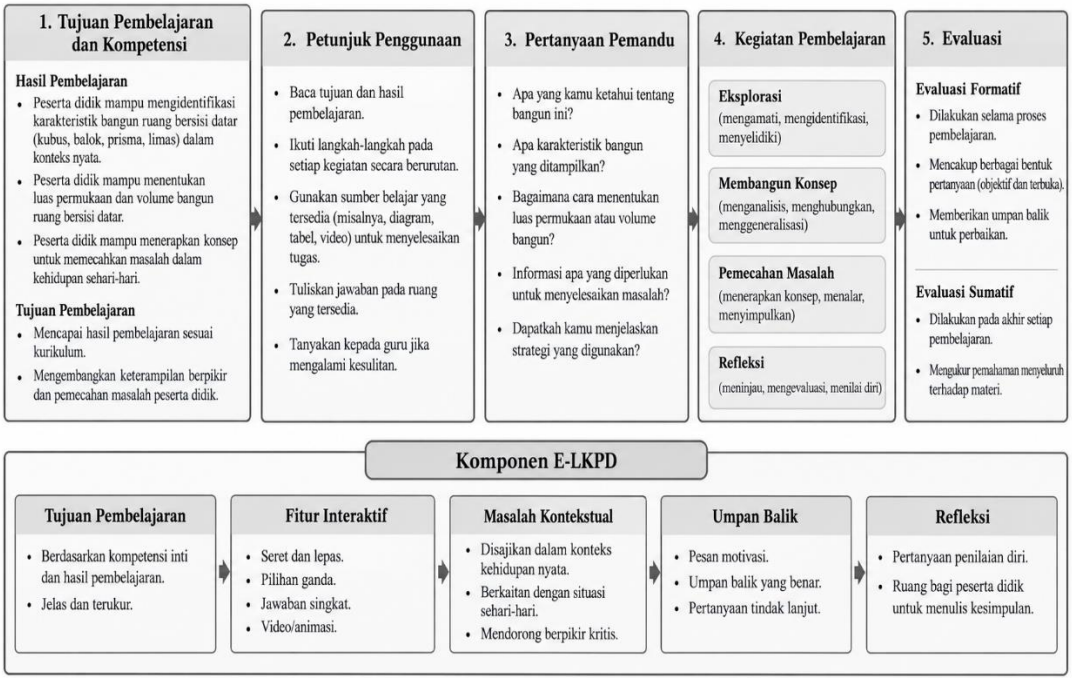
Tahap perancangan dilakukan dengan mengembangkan situasi didaktis, aktivitas pembelajaran, prediksi terhadap respons siswa, serta antisipasi didaktis dan pedagogis. Situasi didaktis disusun untuk mendorong siswa agar tidak sekadar menerima informasi atau menerapkan rumus yang telah tersedia, tetapi secara aktif terlibat dalam kegiatan mengamati, mengeksplorasi, mengaitkan berbagai bentuk representasi, menemukan konsep, dan memecahkan masalah (Fauzi et al., 2024). Prediksi respons siswa dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai kemungkinan strategi yang digunakan, kesalahan yang mungkin terjadi, serta hambatan yang dapat muncul selama proses pembelajaran. Selanjutnya, berdasarkan hasil prediksi tersebut, dirancang antisipasi didaktis dan pedagogis berupa alternatif tindakan yang dapat dilakukan untuk membantu siswa apabila respons yang diberikan belum sejalan dengan tujuan pembelajaran. Hubungan antara hambatan, aktivitas didaktis, prediksi respons, dan antisipasi didaktis-pedagogis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Desain Didaktis Berdasarkan *Learning Obstacles* Siswa

Jenis *Learning Obstacles*	Indikator Hambatan	Situasi/Aktivitas Didaktis dalam E-LKPD	Prediksi Respons Siswa	Antisipasi Didaktis dan Pedagogis
Ontogenik	Kesulitan memahami unsur dan karakteristik bangun ruang serta pengetahuan prasyarat yang belum memadai.	Siswa mengamati ilustrasi kubus, balok, prisma, dan limas, kemudian mengidentifikasi sisi, rusuk, dan titik sudut.	Siswa belum dapat membedakan sisi, rusuk, dan titik sudut atau keliru mengidentifikasi unsur pada gambar.	Menyediakan ilustrasi yang lebih jelas, memberikan pertanyaan penuntun, dan mengarahkan siswa mengamati setiap unsur secara bertahap.
Epistemologis	Kesulitan menghubungkan representasi bangun ruang, jaring-jaring, luas permukaan, dan volume serta menerapkan konsep pada konteks berbeda.	Siswa mengeksplorasi hubungan antara bentuk bangun ruang dan jaring-jaring, kemudian menyelesaikan permasalahan luas permukaan dan volume dengan	Siswa dapat menyelesaikan soal yang serupa dengan contoh, tetapi mengalami kesulitan ketika representasi atau konteks permasalahan diubah.	Menyajikan variasi gambar dan konteks, memberikan pertanyaan pemantik, serta mengarahkan siswa menghubungkan informasi yang diketahui dengan konsep yang

		variasi representasi dan konteks.		relevan.
Didaktis	Siswa cenderung bergantung pada contoh dan prosedur penyelesaian yang diberikan.	Siswa diberikan permasalahan kontekstual dan diminta menemukan strategi penyelesaian sebelum mempelajari atau menggunakan prosedur formal.	Siswa menunggu rumus atau langkah penyelesaian dari guru dan belum berinisiatif mengembangkan strategi sendiri.	Memberikan petunjuk bertahap, pertanyaan pengarah, kesempatan berdiskusi, dan umpan balik tanpa langsung memberikan jawaban akhir.

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil identifikasi *learning obstacles* menjadi dasar dalam menentukan karakteristik aktivitas dan dukungan pembelajaran pada E-LKPD. Setiap hambatan memperoleh respons desain yang berbeda sesuai dengan karakteristik kesulitan siswa. Penguatan visualisasi dan representasi diarahkan untuk membantu siswa memahami unsur serta bentuk bangun ruang, variasi konteks digunakan untuk mendorong penerapan konsep secara lebih fleksibel, sedangkan aktivitas bertahap dirancang untuk mengurangi ketergantungan siswa terhadap pola penyelesaian yang dicontohkan. Selanjutnya, hasil perancangan tersebut diwujudkan ke dalam struktur E-LKPD yang disusun secara sistematis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



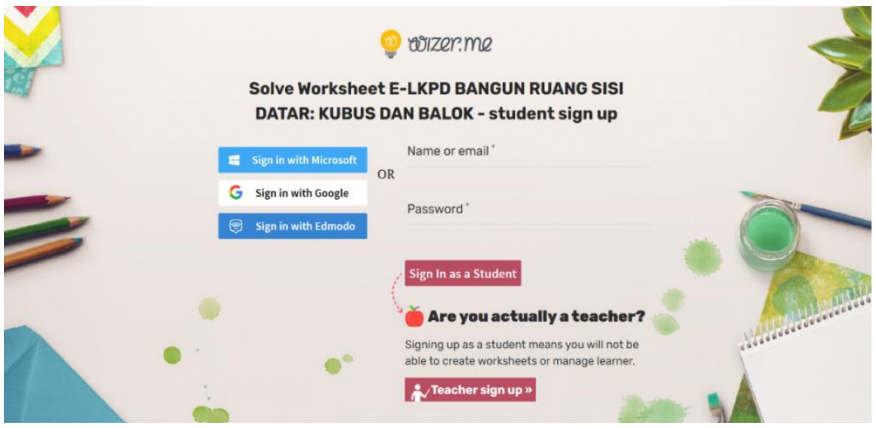
Gambar 2. Rancangan Pengembangan E-LKPD

Rancangan E-LKPD diawali dengan capaian dan tujuan pembelajaran yang mengarahkan siswa untuk memahami unsur dan karakteristik bangun ruang sisi datar, menentukan luas permukaan dan volume, serta menerapkan konsep tersebut dalam masalah kontekstual. Selanjutnya, petunjuk penggunaan disediakan untuk membantu siswa mengikuti tahapan aktivitas serta memanfaatkan fitur E-LKPD secara sistematis. Proses pembelajaran diawali dengan pertanyaan pemantik yang menghubungkan pengetahuan awal dengan konsep yang akan dipelajari. Pertanyaan tersebut diarahkan pada aktivitas mengamati, mengidentifikasi, menghubungkan informasi, dan menentukan strategi penyelesaian tanpa langsung mengarahkan siswa untuk menggunakan rumus. Berdasarkan pertanyaan tersebut, siswa mengikuti aktivitas eksplorasi, pembangunan konsep, pemecahan masalah, dan refleksi secara bertahap untuk mendorong pemahaman dan penerapan konsep.

Rancangan tersebut dilengkapi dengan representasi visual, fitur interaktif, masalah kontekstual, umpan balik, serta evaluasi. Representasi visual digunakan untuk membantu siswa memahami objek dan hubungan antara representasi dua dimensi dan tiga dimensi, sedangkan fitur interaktif dan masalah kontekstual mendukung keterlibatan serta penerapan konsep. Umpan balik membantu siswa mengenali kesalahan dan memperbaiki pemahamannya, sementara refleksi mendorong siswa untuk meninjau kembali proses belajar mereka. Evaluasi dilakukan melalui kegiatan formatif selama pembelajaran dan evaluasi pada akhir aktivitas untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran. Dengan demikian, komponen digital dalam E-LKPD berfungsi untuk mendukung lintasan belajar yang telah dirancang berdasarkan *learning obstacles*, bukan sekadar mengubah LKPD cetak menjadi format digital. Rancangan inilah yang selanjutnya direalisasikan menjadi E-LKPD interaktif menggunakan platform Wizer.me pada tahap pengembangan.

Pengembangan E-LKPD Berbasis Desain Didaktis

Hasil tahap pengembangan berupa E-LKPD berbasis desain didaktis pada materi bangun ruang sisi datar yang dikembangkan menggunakan platform Wizer.me. Produk ini merealisasikan rancangan yang telah disusun pada tahap desain ke dalam lingkungan pembelajaran digital yang dapat diakses dan dikerjakan oleh siswa. Materi yang dikembangkan meliputi kubus, balok, prisma, dan limas, dengan penyajian yang memadukan teks, gambar, pertanyaan, aktivitas, konteks kehidupan sehari-hari, jaring-jaring bangun ruang, serta media video. Struktur produk mengikuti lintasan belajar yang telah dirancang, yaitu capaian dan tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan, pertanyaan pemantik, aktivitas eksplorasi dan pembangunan konsep, pemecahan masalah, evaluasi, serta refleksi. Rancangan tersebut sebelumnya disusun berdasarkan hasil identifikasi *learning obstacles* siswa, sehingga pengembangan produk diarahkan untuk memberikan respons terhadap hambatan belajar yang ditemukan (Sulistyowati et al., 2017).



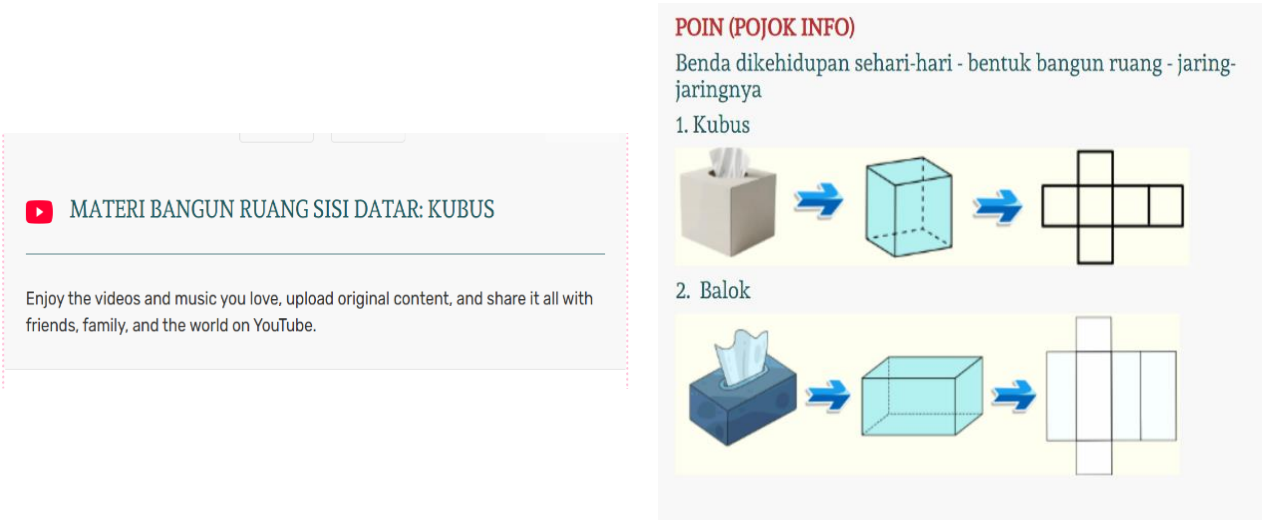
Gambar 3. Tampilan Akses Siswa pada E-LKPD

Pada tahap awal penggunaan, siswa diarahkan untuk melakukan sign-up sebagai siswa sebelum mengakses lembar kerja elektronik (E-LKPD). Platform Wizer.me menyediakan akses melalui akun Google atau Microsoft serta fasilitas pendaftaran akun siswa, sehingga setiap peserta didik dapat mengerjakan aktivitas pembelajaran secara individual menggunakan akun masing-masing. E-LKPD yang dikembangkan terdiri atas tiga materi yang disajikan melalui tautan berbeda, yaitu materi kubus dan balok yang dapat diakses melalui tautan materi 1 https://app.wizer.me/learn/FO49M9 , materi prisma melalui tautan materi 2 https://app.wizer.me/learn/9EFZAH, dan materi limas melalui tautan materi 3 https://app.wizer.me/learn/6D2OT3 . Pemisahan akses berdasarkan materi tersebut memudahkan siswa dalam mengakses lembar kerja sesuai dengan topik pembelajaran yang sedang dipelajari.

Setelah bagian akses, produk dikembangkan dengan menyajikan capaian dan tujuan pembelajaran sebagai orientasi terhadap kemampuan yang akan dicapai siswa. Komponen tersebut menjadi dasar penyusunan aktivitas dalam E-LKPD, sehingga setiap aktivitas memiliki keterkaitan dengan kemampuan memahami unsur bangun ruang, menentukan hubungan antarunsur, menghitung luas permukaan dan volume, serta menerapkan konsep dalam permasalahan kontekstual. Penempatan tujuan pada bagian awal juga membantu memberikan arah terhadap lintasan aktivitas yang akan diikuti siswa. Hal ini merupakan realisasi dari rancangan sebelumnya yang menempatkan capaian dan tujuan pembelajaran sebagai komponen awal dalam E-LKPD. Selanjutnya, produk memuat petunjuk penggunaan E-LKPD yang berfungsi untuk mengarahkan siswa dalam mengikuti aktivitas pembelajaran. Petunjuk tersebut disesuaikan dengan karakteristik penggunaan bahan ajar sekaligus lembar kerja digital, termasuk cara mengikuti aktivitas, mengerjakan tugas, serta memanfaatkan fitur yang tersedia. Komponen ini dikembangkan untuk membantu siswa memahami alur penggunaan produk sejak awal sehingga aktivitas pembelajaran dapat berlangsung sesuai dengan urutan yang telah dirancang.

Pada bagian materi, rancangan pertanyaan pemantik direalisasikan melalui pertanyaan yang diberikan setelah siswa mengamati representasi bangun ruang. Salah satu contohnya terdapat pada materi limas, kubus, prisma, dan balok, ketika siswa disajikan masing-masing gambar bangun ruang

tersebut, kemudian diarahkan untuk mengidentifikasi bangun datar yang menjadi unsur pembentuk bangun ruang tersebut.

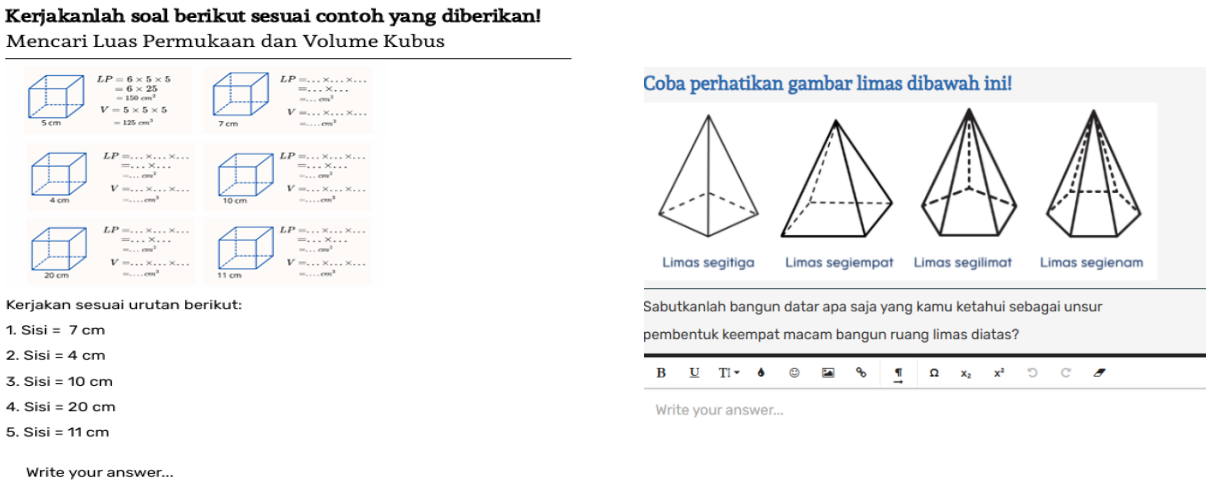


Gambar 4. Materi Pembelajaran Materi Bangun Ruang Sisi Datar

Selain gambar dan teks, produk juga merealisasikan unsur multimedia melalui penyisipan video dalam penyajian materi. Pada materi kubus, misalnya, E-LKPD menyediakan bagian "Materi Bangun Ruang Sisi Datar: Kubus" yang dilengkapi dengan media video. Media tersebut ditempatkan sebagai sumber belajar pendukung dalam penyajian materi sehingga siswa memperoleh alternatif sumber informasi selain teks dan gambar.

Fitur digital yang tersedia di platform juga dimanfaatkan untuk mendukung keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Aktivitas yang sebelumnya dirancang dalam bentuk pertanyaan, tugas, dan evaluasi dapat disajikan dalam lingkungan pembelajaran digital agar siswa dapat memberikan respons secara langsung. Hal ini memperkuat fungsi E-LKPD sebagai lingkungan belajar yang memungkinkan siswa melakukan aktivitas, memperoleh umpan balik, dan merefleksikan pemahamannya.

Ketiga bentuk penyajian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan E-LKPD mengintegrasikan beberapa jenis representasi dalam satu lintasan pembelajaran. Video digunakan sebagai sumber belajar digital, gambar bangun ruang digunakan untuk membantu proses visualisasi, sedangkan benda konkret dan jaring-jaring digunakan untuk menghubungkan konsep geometris dengan representasi yang lebih dekat dengan pengalaman siswa. Integrasi tersebut menjadi bagian dari antisipasi terhadap hambatan belajar yang telah ditemukan pada tahap analisis, terutama kesulitan dalam memvisualisasikan dan menghubungkan berbagai representasi.



Gambar 5. Contoh Evaluasi E-LKPD Bangun Ruang Sisi Datar

Selanjutnya, pada bagian akhir, E-LKPD dilengkapi dengan evaluasi untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa setelah mengikuti rangkaian aktivitas. Evaluasi ditempatkan sebagai bagian dari lintasan pembelajaran, bukan sebagai komponen yang berdiri sendiri. Struktur tersebut sesuai dengan rancangan produk yang menempatkan evaluasi formatif dan sumatif sebagai bagian yang melengkapi proses pembelajaran.

Dalam aktivitas ini, diprediksi bahwa siswa akan mengalami kesulitan menghubungkan representasi dua dimensi dengan bentuk tiga dimensi, terutama dalam membedakan sisi, rusuk, dan titik sudut. Untuk mengantisipasi respons tersebut, E-LKPD dilengkapi dengan gambar, video pembelajaran, dan jaring-jaring bangun ruang yang disertai pertanyaan pengarah. Selama implementasi, respons siswa terhadap aktivitas tersebut memperlihatkan bahwa siswa yang semula mengalami kesulitan dalam membedakan unsur-unsur bangun ruang mulai terbantu melalui pengamatan gambar, video, dan jaring-jaring yang disajikan. Selain itu, untuk mengatasi kesulitan menerapkan konsep ketika menghadapi bentuk soal atau konteks permasalahan yang berbeda, situasi didaktis dirancang melalui penyajian permasalahan mengenai luas permukaan dan volume bangun ruang dalam berbagai konteks kehidupan sehari-hari. Diprediksi bahwa siswa cenderung mengandalkan rumus atau prosedur penyelesaian yang telah dicontohkan sehingga mengalami kesulitan ketika informasi atau bentuk permasalahan berubah. Antisipasi dilakukan melalui pertanyaan pemantik yang mengarahkan siswa untuk mengidentifikasi informasi yang diketahui, menentukan konsep yang relevan, dan memilih strategi penyelesaian secara bertahap. Pada saat implementasi, siswa yang awalnya cenderung mencari rumus berdasarkan contoh mulai diarahkan untuk mengidentifikasi informasi dalam soal dan menghubungkannya dengan konsep yang sesuai melalui pertanyaan pengarah serta latihan bertahap. Respons tersebut menunjukkan bahwa situasi dan antisipasi didaktis yang dikembangkan telah

memberikan dukungan terhadap kesulitan siswa dalam memahami representasi bangun ruang dan menerapkan konsep pada permasalahan yang bervariasi.

Produk E-LKPD yang telah dikembangkan kemudian melalui tahap validasi. Validasi dilakukan oleh ahli media dan ahli materi untuk menilai kelayakan E-LKPD sebelum digunakan pada tahap implementasi. Hasil penilaian menunjukkan skor rata-rata 3,52 (70,3%) dari ahli media dan 3,62 (72,3%) dari ahli materi. Kedua hasil tersebut berada dalam kategori valid berdasarkan kriteria penilaian yang digunakan.

Tabel 4. Validasi Produk

Validator	Persentase	Rata-rata Skor	Kategori
Ahli media	70,3%	3,52	Valid
Ahli materi	72,3%	3,62	Valid

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kelayakan produk telah memenuhi batas minimal validitas pada kedua aspek yang dinilai. Skor ahli materi yang sedikit lebih tinggi daripada ahli media menunjukkan bahwa kesesuaian isi dan materi memperoleh penilaian yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan aspek media. Meskipun demikian, keduanya berada dalam kategori yang sama sehingga produk dinilai telah memenuhi kelayakan untuk dilanjutkan ke tahap implementasi. Penilaian ini terutama berfungsi memastikan bahwa komponen materi dan tampilan digital telah sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kriteria kelayakan produk sebelum E-LKPD diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

Selain penilaian kuantitatif, validator juga memberikan masukan sebagai dasar penyempurnaan produk. Ahli media memberikan saran untuk memperbaiki aspek tampilan dan keterbacaan E-LKPD, termasuk penataan elemen visual, konsistensi penyajian, serta kemudahan navigasi agar interaksi pengguna lebih jelas. Sementara itu, ahli materi menyarankan penyempurnaan penyajian materi dan aktivitas pembelajaran agar lebih sistematis, memperjelas keterkaitan konsep dengan permasalahan yang diberikan, serta memastikan aktivitas yang disusun tetap sesuai dengan tujuan pembelajaran dan *learning obstacles* siswa. Masukan tersebut digunakan sebagai dasar revisi sebelum E-LKPD diimplementasikan kepada siswa. Tahap revisi dilakukan dengan mempertimbangkan hasil penilaian dan masukan validator, sehingga produk yang digunakan pada tahap implementasi telah mengalami penyempurnaan pada aspek media maupun materi. Proses tersebut memperkuat kesesuaian E-LKPD dengan kebutuhan pembelajaran serta rancangan didaktis yang telah disusun.

Uji Kepraktisan dan Keefektifan Produk E-LKPD

Uji kepraktisan dan keefektifan dilakukan setelah E-LKPD dinyatakan valid oleh ahli media dan ahli materi. Uji kepraktisan bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai keterterapan E-LKPD

berdasarkan respons guru dan siswa setelah produk digunakan dalam pembelajaran. Sementara itu, keefektifan ditinjau dari perubahan hasil belajar siswa berdasarkan perbandingan nilai *pretest* dan *posttest*, kemudian diperkuat melalui analisis *N-Gain*. Hasil uji kepraktisan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Respons Guru dan Siswa terhadap E-LKPD

Responden	Persentase Respons	Kategori
Guru	90,00%	Sangat praktis
Siswa	86,23%	Sangat praktis

Berdasarkan Tabel 5, respons guru mencapai 90,00%, sedangkan respons siswa mencapai 86,23%. Kedua nilai tersebut berada dalam kategori yang sangat praktis. Skor guru yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa produk dinilai sangat mendukung keterlaksanaan pembelajaran, sedangkan skor siswa menunjukkan bahwa fitur, instruksi, dan aktivitas dalam E-LKPD relatif mudah diikuti selama penggunaan. Perbedaan skor sebesar 3,77 poin tidak mengubah kategori keduanya, sehingga secara praktis produk dapat diterima oleh kedua kelompok pengguna. Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD tidak hanya dapat diterapkan dari perspektif guru sebagai pengguna dalam pembelajaran, tetapi juga dapat diterima oleh siswa sebagai pengguna langsung. Kepraktisan ini menjadi salah satu indikator bahwa produk yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan penggunaan di kelas dan dapat mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis desain didaktis.

Kepraktisan produk selanjutnya ditinjau lebih lanjut berdasarkan hasil belajar siswa setelah menggunakan E-LKPD. Analisis hasil belajar dilakukan untuk mengetahui perubahan capaian belajar siswa sebelum dan setelah menggunakan E-LKPD berbasis desain didaktis pada materi bangun ruang sisi datar. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai hasil belajar siswa sebelum (pretest) dan setelah (posttest) menggunakan E-LKPD berbasis desain didaktis. Pengujian ini diperlukan untuk mengidentifikasi kecenderungan perubahan capaian belajar serta memberikan gambaran awal mengenai perbedaan hasil belajar antara kedua pengukuran. Hasil analisis statistik deskriptif disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Statistik Deskriptif *Pretest* dan *Posttest*

Statistik	*Pretest*	*Posttest*
N	34	34
Minimum	60	80
Maksimum	75	95
Mean	68,529	89,853
Std. Deviation	4,692	5,292

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh rata-rata nilai pretest sebesar 68,529 dengan standar deviasi 4,692, sedangkan rata-rata nilai posttest mencapai 89,853 dengan standar deviasi 5,292. Hasil tersebut menunjukkan peningkatan rata-rata hasil belajar sebesar 21,324 poin setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis desain didaktis. Selain itu, nilai minimum meningkat dari 60 menjadi 80 dan nilai maksimum meningkat dari 75 menjadi 95. Perubahan tersebut memperlihatkan bahwa capaian belajar siswa setelah penggunaan E-LKPD lebih tinggi dibandingkan dengan capaian sebelum pembelajaran. Hasil deskriptif ini menjadi gambaran awal mengenai perubahan hasil belajar siswa yang selanjutnya dianalisis melalui pengujian statistik inferensial. Meskipun demikian, analisis deskriptif belum cukup untuk memastikan signifikansi perbedaan sehingga diperlukan pengujian inferensial.

Setelah analisis statistik deskriptif, pengujian dilanjutkan dengan uji normalitas untuk mengidentifikasi apakah data yang digunakan dalam analisis perbedaan hasil belajar berdistribusi normal. Uji normalitas dalam penelitian ini diterapkan pada skor peningkatan hasil belajar yang diperoleh dari selisih nilai posttest dan pretest. Pengujian menggunakan metode *Shapiro–Wilk* karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 responden. Penggunaan skor selisih didasarkan pada pertimbangan bahwa pengukuran hasil belajar dilakukan terhadap subjek yang sama sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil pengujian ini menjadi dasar dalam menentukan metode analisis selanjutnya, yaitu menggunakan uji parametrik apabila data memenuhi asumsi normalitas atau uji nonparametrik apabila asumsi tersebut tidak terpenuhi. Hasil uji normalitas ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas *Shapiro–Wilk*

Variabel	Statistic	df	Sig.
Selisih *Pretest–Posttest*	0,887	34	0,002

Hasil pengujian menunjukkan nilai statistik sebesar 0,887 dengan signifikansi 0,002. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05, sehingga dapat dinyatakan bahwa skor selisih pretest dan posttest tidak berdistribusi normal. Dengan demikian, analisis perbedaan hasil belajar dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed-Rank Test*.

Uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa sebelum dan setelah menggunakan E-LKPD berbasis desain didaktis. Pengujian ini dipilih karena hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data selisih skor tidak berdistribusi normal. Uji Wilcoxon sesuai digunakan untuk membandingkan dua pengukuran yang berasal dari subjek yang sama tanpa mensyaratkan distribusi normal pada skor selisih. Kriteria

pengambilan keputusan adalah apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05, terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest. Hasil uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil *Uji Wilcoxon Signed-Rank Test*

Komponen	Nilai
Jumlah pasangan data (N)	34
Z	−5,124
Ukuran efek (r)	0,879
Interpretasi	Sangat besar

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh nilai signifikansi kurang dari 0,001 yang menunjukkan adanya perbedaan hasil belajar siswa yang signifikan antara sebelum dan setelah penggunaan E-LKPD berbasis desain didaktis. Hasil perhitungan ukuran efek Wilcoxon juga menghasilkan nilai r = 0,879, yang termasuk dalam kategori sangat besar. Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan capaian belajar tidak hanya bermakna secara statistik, tetapi juga memiliki kekuatan efek yang tinggi. Dengan demikian, perubahan capaian belajar siswa tidak hanya terlihat dari peningkatan nilai rata-rata, tetapi juga didukung oleh hasil pengujian statistik. Temuan tersebut memberikan bukti awal bahwa E-LKPD yang dikembangkan berpotensi mendukung peningkatan hasil belajar siswa pada materi bangun ruang sisi datar.

Analisis N-Gain dilakukan untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar siswa dengan mempertimbangkan selisih antara nilai sebelum dan sesudah pembelajaran serta peluang peningkatan yang masih dapat dicapai berdasarkan skor maksimum. Analisis ini digunakan untuk memberikan gambaran mengenai besarnya peningkatan capaian belajar secara relatif, sehingga interpretasi hasil tidak hanya didasarkan pada perbedaan nilai rata-rata pretest dan posttest. Dalam penelitian ini, N-Gain dihitung berdasarkan rata-rata kelompok dengan skor maksimum 100. Hasil perhitungan N-Gain disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan N-Gain

Indikator	Hasil
Rata-rata *Pretest*	68,529
Rata-rata *Posttest*	89,853
Peningkatan Rata-rata	21,324
N-Gain kelompok	0,678
Kategorisxz	Sedang

Berdasarkan Tabel 9, rata-rata hasil *pretest* siswa sebesar 68,529, sedangkan rata-rata hasil *posttest* meningkat menjadi 89,529. Perbedaan kedua nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan

rata-rata hasil belajar sebesar 21,000 poin setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa capaian belajar siswa setelah menggunakan produk lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi sebelum pembelajaran. Selanjutnya, diperoleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,667 yang berada pada kategori sedang. Nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan capaian belajar siswa setelah menggunakan E-LKPD dibandingkan dengan kemampuan awal yang ditunjukkan melalui *pretest*. Temuan tersebut memberikan indikasi bahwa penggunaan E-LKPD berbasis desain didaktis efektif mendukung peningkatan hasil belajar siswa pada materi bangun ruang sisi datar.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *learning obstacles* pada materi bangun ruang sisi datar berkaitan dengan kesulitan siswa dalam memvisualisasikan objek, menghubungkan berbagai representasi, memahami konsep, dan menerapkan prosedur penyelesaian pada permasalahan dengan konteks berbeda. Temuan ini menunjukkan bahwa hambatan belajar tidak hanya berkaitan dengan penguasaan materi, tetapi juga dengan proses pembentukan hubungan antarkonsep dan pengalaman pembelajaran yang diterima siswa. Kecenderungan siswa mengandalkan contoh penyelesaian menunjukkan bahwa pengetahuan yang dimiliki belum sepenuhnya dapat digunakan secara fleksibel ketika menghadapi variasi permasalahan. Kondisi tersebut sejalan dengan Rizki R et al. (2022) yang mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep dan menyelesaikan permasalahan geometri. (Rizki R et al., 2022). Penelitian ini melengkapi temuan tersebut dengan menunjukkan bagaimana hasil identifikasi hambatan belajar dapat digunakan sebagai dasar pengembangan bahan ajar sekaligus lembar kerja digital yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran. Dengan demikian, temuan penelitian ini memperluas penerapan analisis *learning obstacles* dari tahap identifikasi hingga pengembangan bahan ajar sekaligus lembar kerja digital yang secara langsung merespons karakteristik hambatan siswa (Fauzi et al., 2024; Qhorisa et al., 2025).

Kontribusi penelitian ini tercermin dalam pemanfaatan hasil identifikasi *learning obstacles* sebagai dasar penyusunan desain didaktis dalam pengembangan E-LKPD. Ketiga kategori hambatan yang teridentifikasi menjadi pertimbangan dalam merancang situasi pembelajaran, tahapan aktivitas, prediksi respons siswa, serta antisipasi didaktis-pedagogis. Hambatan dalam memvisualisasikan unsur bangun ruang diatasi melalui penguatan pengetahuan prasyarat dan penyajian representasi secara bertahap. Kesulitan menghubungkan dan menerapkan konsep pada konteks berbeda direspons melalui variasi representasi, pertanyaan pemantik, dan permasalahan kontekstual. Adapun ketergantungan siswa pada contoh penyelesaian diantisipasi melalui kegiatan eksplorasi, petunjuk bertahap, dan latihan berjenjang. Rangkaian tersebut menegaskan bahwa desain didaktis tidak sekadar menjadi kerangka penyusunan aktivitas, tetapi juga menjadi landasan dalam menentukan strategi pembelajaran sesuai dengan

karakteristik hambatan siswa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan E-LKPD berbasis digital, tetapi juga menawarkan rancangan pembelajaran yang dibangun berdasarkan diagnosis kesulitan belajar siswa (Brousseau, 2002; Brousseau & Warfield, 2020; Suryadi, 2019a, 2019b).

Temuan penelitian ini menunjukkan perbedaan fokus dan kontribusi dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang mengkaji *learning obstacles,* desain didaktis, dan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran geometri. Rizki R. et al. (2022) mengidentifikasi hambatan siswa dalam memahami konsep dan menyelesaikan permasalahan matematika. Sejalan dengan penelitian tersebut, penelitian ini juga menempatkan kesulitan belajar siswa sebagai dasar analisis, tetapi secara lebih spesifik mengidentifikasi hambatan ontogenik, epistemologis, dan didaktis pada materi bangun ruang sisi datar, yang meliputi kesulitan memvisualisasikan objek, menghubungkan representasi, memahami konsep, dan menerapkan prosedur dalam konteks berbeda. Sulistyowati et al. (2017) mengembangkan situasi didaktis pada materi volume prisma dengan mempertimbangkan *learning obstacles* dan *learning trajectory*. Penelitian ini memperluas penerapan pendekatan tersebut dengan menerjemahkan hasil identifikasi hambatan belajar ke dalam aktivitas E-LKPD berbantuan Wizer.me. Sementara itu, Rahmawati et al. (2023) mengembangkan desain didaktis materi bangun ruang sisi datar melalui pendekatan konstruktivisme dan *discovery learning*, sedangkan penelitian ini menekankan keterkaitan antara kategori hambatan belajar, prediksi respons siswa, dan antisipasi didaktis-pedagogis dalam penyusunan aktivitas pembelajaran. Adapun Ferdiani et al. (2025) memanfaatkan *interactive E-worksheet* untuk mendukung pemecahan masalah matematis berdasarkan gaya belajar *Honey* dan *Mumford*. Berbeda dari penelitian tersebut, pengembangan E-LKPD dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik hambatan belajar yang teridentifikasi, sehingga penyajian materi, representasi visual, pertanyaan pemantik, dan latihan disusun sesuai dengan kebutuhan belajar siswa. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa kontribusi penelitian ini bukan semata-mata terletak pada penggunaan platform digital, melainkan pada integrasi diagnosis *learning obstacles* dengan perancangan desain didaktis dalam satu produk pembelajaran. Dengan demikian, hasil identifikasi hambatan belajar tidak berhenti pada pemetaan kesulitan siswa, tetapi ditindaklanjuti menjadi dasar penentuan situasi pembelajaran, urutan aktivitas, dan antisipasi terhadap kemungkinan respons siswa dalam E-LKPD.

Dari perspektif pembelajaran, keterkaitan desain didaktis dengan aktivitas siswa menunjukkan pentingnya pengaturan tahapan belajar dalam membangun pemahaman matematis. Aktivitas pembelajaran disusun secara bertahap, dimulai dari pengamatan objek, pengenalan unsur bangun ruang, pengaitan berbagai representasi, hingga eksplorasi hubungan antarkonsep sebelum siswa menyelesaikan permasalahan menggunakan rumus. Tahapan tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengonstruksi pemahaman berdasarkan pengalaman belajar, sementara pertanyaan

pengarah dan umpan balik berperan dalam mengantisipasi kesulitan selama proses pembelajaran. Pola ini sejalan dengan *Theory of Didactical Situations* yang menjelaskan keterkaitan antara siswa, pengetahuan, dan situasi pembelajaran dalam proses konstruksi pengetahuan (Brousseau, 2002). Dalam konteks penelitian ini, penggunaan Wizer.me menjadi sarana untuk merealisasikan rancangan tersebut melalui penyajian aktivitas dan pemberian respons terhadap pekerjaan siswa. Dengan demikian, nilai pedagogis E-LKPD tidak hanya ditentukan oleh interaktivitas platform, tetapi terutama oleh kesesuaian aktivitas yang disajikan dengan hambatan belajar yang hendak direspons (Cesaria & Herman, 2019; Chesnais, 2021; Noviyanti & Sudirman, 2025).

Hasil validasi dan respons pengguna menunjukkan bahwa produk telah mencapai tingkat kelayakan dan keterterapan yang diperlukan untuk digunakan dalam pembelajaran. Kualitas produk yang memperoleh validitas pada aspek media sebesar 70,3% dan aspek materi sebesar 72,3%, serta respons yang sangat praktis dari guru sebesar 90,00% dan siswa sebesar 86,23%, menunjukkan bahwa rancangan tersebut dapat diwujudkan dalam bentuk E-LKPD yang dapat digunakan oleh pengguna. Hasil ini penting karena integrasi antara diagnosis hambatan dan desain didaktis tidak cukup hanya menghasilkan rancangan konseptual, tetapi juga perlu diterjemahkan menjadi produk yang layak dan operasional. Respons guru dan siswa yang sama-sama berada pada kategori sangat praktis menunjukkan bahwa komponen yang dirancang berdasarkan kebutuhan belajar dapat diterapkan dalam aktivitas pembelajaran digital.

Perubahan hasil belajar memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan capaian setelah penggunaan E-LKPD. Rata-rata nilai siswa meningkat dari 68,529 pada pretest menjadi 89,853 pada posttest. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,001$ dengan ukuran efek sebesar 0,879, sedangkan nilai N-Gain sebesar 0,678 berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan adanya perubahan capaian belajar siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis desain didaktis. Peningkatan tersebut dapat dipahami melalui keterkaitan antara aktivitas pembelajaran yang disusun berdasarkan hambatan belajar dan kesempatan siswa untuk berinteraksi dengan materi melalui berbagai bentuk representasi serta permasalahan bertahap. Meskipun demikian, perubahan tersebut tidak dapat langsung diartikan sebagai bukti bahwa E-LKPD merupakan satu-satunya penyebab peningkatan hasil belajar. Peningkatan ini dapat dipahami melalui kesempatan belajar yang diberikan kepada siswa untuk menghubungkan representasi, mengeksplorasi konsep, dan menerapkan pengetahuan dalam berbagai permasalahan. Pola demikian berpotensi mengurangi ketergantungan siswa pada contoh dan prosedur karena pengetahuan dibangun melalui serangkaian hubungan yang lebih bermakna (Pamungkas et al., 2020; Sieng & Thai, 2024; Yaniawati et al., 2023).

Meskipun penerapan E-LKPD berbasis desain didaktis menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi bangun ruang sisi datar, temuan tersebut memiliki beberapa keterbatasan penelitian. Penelitian ini hanya dilaksanakan pada satu sekolah dengan melibatkan 34 siswa kelas VIII, sehingga hasilnya belum dapat menggambarkan kondisi siswa dengan karakteristik yang lebih beragam. Pelaksanaan pembelajaran yang terbatas pada tujuh pertemuan dengan durasi masing-masing 90 menit juga belum memungkinkan pengamatan terhadap keberlanjutan pemahaman siswa dalam jangka panjang. Selain itu, pendampingan dan penjelasan guru selama implementasi berpotensi turut memengaruhi keterlibatan serta capaian belajar siswa. Penggunaan media digital yang relatif baru bagi siswa juga memungkinkan munculnya efek kebaruan (*novelty effect*), sehingga respons positif yang ditunjukkan belum tentu mencerminkan penerimaan dalam penggunaan jangka panjang. Pengukuran hasil belajar melalui tes juga belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh aspek pemahaman matematis, khususnya kemampuan visualisasi, penalaran, dan penerapan konsep dalam berbagai konteks. Ketiadaan kelompok kontrol turut membatasi penarikan kesimpulan mengenai efektivitas E-LKPD dibandingkan dengan bahan ajar atau pendekatan pembelajaran lainnya. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan beberapa sekolah, kelompok pembanding, waktu implementasi yang lebih panjang, serta instrumen pengukuran yang lebih beragam agar kontribusi desain didaktis dan penggunaan E-LKPD terhadap pemahaman matematis siswa dapat dikaji secara lebih komprehensif.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini menghasilkan E-LKPD interaktif berbantuan Wizer.me yang dikembangkan berdasarkan identifikasi hambatan belajar siswa kelas VIII pada materi bangun ruang sisi datar. Hambatan tersebut meliputi kesulitan memvisualisasikan objek tiga dimensi, menghubungkan berbagai bentuk representasi, memahami konsep, serta menerapkan prosedur penyelesaian ketika konteks soal berubah. Temuan tersebut menjadi dasar perumusan tiga prinsip desain pembelajaran, yaitu memperkuat visualisasi dan keterkaitan representasi, memvariasikan konteks permasalahan untuk mendukung penerapan konsep, serta menyusun aktivitas pembelajaran secara bertahap agar siswa tidak bergantung pada pola contoh penyelesaian. Prinsip-prinsip tersebut diwujudkan melalui penyajian gambar, jaring-jaring bangun ruang, video, aktivitas eksplorasi, pertanyaan pemantik, permasalahan kontekstual, umpan balik, dan latihan bertahap. Hasil penilaian menunjukkan bahwa E-LKPD memperoleh persentase validitas media sebesar 70,3% dan validitas materi sebesar 72,3%, dengan

kategori valid. Dari aspek kepraktisan, respons guru mencapai 90,00% dan respons siswa sebesar 86,23%, yang keduanya termasuk kategori sangat praktis.

Hasil uji awal efektivitas menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata siswa dari 68,529 pada pretest menjadi 89,529 pada posttest, dengan nilai N-Gain sebesar 0,667. Hasil uji Wilcoxon juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest* ($p < 0,001$), dengan ukuran efek sebesar 0,879 yang termasuk kategori sangat besar. Temuan ini menunjukkan bahwa E-LKPD efektif mendukung pemahaman konsep matematika siswa pada materi bangun ruang sisi datar. Meskipun demikian, temuan tersebut memiliki keterbatasan, yaitu pelaksanaan pada satu sekolah dengan 34 siswa, penggunaan desain satu kelompok tanpa kelas pembanding, dan implementasi yang hanya berlangsung selama enam pertemuan. Penelitian ini juga belum mengevaluasi perubahan pada setiap jenis hambatan belajar secara terpisah. Dengan demikian, peningkatan hasil belajar belum dapat diatribusikan sepenuhnya kepada penggunaan E-LKPD.

Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan penelitian, guru matematika disarankan menjadikan identifikasi *learning obstacles* sebagai landasan dalam menentukan representasi, aktivitas pembelajaran, dan bentuk pendampingan sesuai dengan kesulitan siswa, khususnya melalui penguatan visualisasi, variasi permasalahan kontekstual, dan latihan bertahap sebelum penerapan rumus serta prosedur formal. Bagi pengembang bahan ajar, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam mengintegrasikan diagnosis hambatan belajar ke dalam pengembangan E-LKPD melalui keterkaitan antara jenis hambatan, situasi didaktis, prediksi respons, dan antisipasi didaktis-pedagogis. Sementara itu, penelitian selanjutnya disarankan menguji produk pada beberapa sekolah dengan karakteristik dan jumlah sampel yang lebih beragam, melibatkan kelompok pembanding, serta memperpanjang durasi implementasi untuk memperoleh bukti efektivitas dan keberlanjutan pemahaman siswa. Evaluasi juga perlu diarahkan pada perubahan setiap kategori *learning obstacles* secara terpisah agar kesesuaian antara hambatan yang teridentifikasi, prinsip desain yang diterapkan, dan perkembangan pemahaman siswa dapat dianalisis secara lebih mendalam.

REFERENSI

Andini, I., & Cahyaningsih, U. (2024). An Analysis of Students' Learning Difficulties in Solving Plane Geometry Problems among Seventh-Grade Students. *International Journal of Advance Research in Mathematics Education*, *2*(2), 110–121. https://doi.org/10.56916/ijr.v2i2.2657

Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Brousseau, G. (2002). Didactical Problems with Decimals. In N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, & V. Warfield (Eds.), *Theory of Didactical Situations in Mathematics* (Vol. 19, pp. 149–222). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2_10

Brousseau, G., & Warfield, V. (2020). Didactic Situations in Mathematics Education. In *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 206–213). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_47

Cesaria, A., & Herman, T. (2019). Learning Obstacle in Geometry. *Journal of Engineering Science and Technology*, *14*(3), 1271–1280.

Chesnais, A. (2021). Enhancing Classroom Discourse about Measure to Foster a Conceptual Understanding of Geometrical Practices. *ZDM – Mathematics Education*, *53*(2), 337–357. https://doi.org/10.1007/s11858-021-01255-0

Dhaffah, V. N., Maudy, S. Y., & Putra, M. (2026). Learning Obstacles in Understanding Pyramid Volume : An Epistemological and Didactical Analysis within the Didactical Design Research Framework. *Jurnal Didactical Mathematics*, *8*(2), 345–370. https://doi.org/10.31949/dm.v8i2.18713

Dharma, D., Kamid, K., & Yantoro, Y. (2021). Analyzing Learning Obstacle with Didactical Design Research on Three Dimensional Distance Material. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(3), 287–301. https://doi.org/10.24042/ijsme.v4i3.10355

Fauzi, K. M. A., Hia, Y., Darari, M. B., & Siagian, M. D. (2024). Efforts to Overcome Students' Learning Difficulties in Geometry: A Didactic Design of Creative Thinking Skills through Metacognitive Approaches. *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, *17*(2), 159–182. https://doi.org/10.20414/betajtm.v17i2.648

Febrianti, T. S., Fatimah, S., & Dahlan, J. A. (2024). Identifying Learning Obstacles in Pre-Service Mathematics Teachers' Understanding of Circle Concepts: A Preliminary Study within A Didactical Design Research Framework. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *25*(1), 419–439. https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i1.pp419-439

Ferdiani, R. D., Lestari, W. H. S., & Fayeldi, T. (2025). Implementation of Interactive E-Worksheet Building Flat Side Space in Mathematical Problem Solving. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, *9*(2), 171–180. https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v9i2.3733

Fitriawan, D., Siregar, N., Hartoyo, A., & Sulistyowati, E. (2026). Developing STEM Integrated Analysis Geometry Learning Materials through Digital Visualization and E-Learning Platforms. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *17*(1), 91–105. https://doi.org/10.24042/ajpm.v17i1.29388

Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, *66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hasanah, A. N., & Yulianti, K. (2020). Error Analysis in Solving Prism and Pyramid Problems. *Journal of Physics: Conference Series*, *1521*(3), 032035. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/3/032035

Hershkowitz, R. (2020). Shape and Space: Geometry Teaching and Learning. In *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 774–779). Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_138

Jones, K. (2003). Issues in the Teaching and Learning of Geometry. In 1 (Ed.), *Spects of Teaching Secondary Mathematics* (pp. 137–155). Routledge.

Lutfi, M. K., Mulyaning, E. C., & Kusumastuti, F. A. (2026). Junior High School Students' Conceptual Understanding of Flat-Sided Geometric Shapes through APOS Theory: A Qualitative Study. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, *9*(2), 157–172. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30738/indomath.v0i0.192

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis*. SAGE Publications.

Nazarovich, S. T., & Kurudirek, A. (2024). An Overview of Existing Problems in Teaching the Science "Fundamentals of Geometry". *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, *11*(2), 91–106. https://doi.org/10.23918/ijsses.v11i2p91

Noviyanti, M., & Sudirman, S. (2025). Transformation of Mathematical Knowledge for Teaching Non-Euclidean Geometry Concept Through E-Learning Based on The Theory of Didactic Situations Using A Multiphase Mixed Method. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, *9*(2), 578–597. https://doi.org/10.22437/jiituj.v9i2.42976

Nur'aeni, E., & Muharram, M. R. W. (2018). Didactital Design of Mathematics Teaching in Primary School. *Journal of Physics: Conference Series*, *1013*, 012144. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012144

Nurdiana, A., Tanod, M. J., & Adirakasiwi, A. G. (2021). Assessing Didactic Mathematical Knowledge for Teaching Geometry Transformation. *Journal of Physics: Conference Series*, *1764*(1), 012129. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012129

Nurhikmayati, I., & Darhim. (2026). What are Students' Obstacle in Learning Geometry? An Analysis of Students' Learning Obstacles on Geometry of Cubes and Cuboids. *AIP Conference Proceedings*, 020011. https://doi.org/10.1063/5.0330518

Nurjanah, S. P., Susanti, V. D., Aini, T. N., & Andari, T. (2026). Development of an Interactive Ethnomathematics-Based E-Lkpd on Magetan Local Architecture to Improve Understanding of Solid Geometry Concepts. *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, *7*(4), 828–840. https://doi.org/10.37478/jpm.v7i4.8571

Pamungkas, A. S., Asih, I. Y. V., & Sukirwan. (2020). Membangun Hyphotetical Learning Trajectory pada Pembelajaran Sifat-Sifat Geometri di SD melalui Ekpslorasi Model-Model Bangun Ruang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika*, *13*(1), 150–163. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30870/jppm.v13i1.7634

Qhorisa, A., Andriyani, A., & Bonaya, H. Q. (2025). Geometry Worksheet Based on Augmented Reality to Improve Slow Learner Student's Visual-Spatial Ability. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, *9*(1), 41–56. https://doi.org/10.12928/ijeme.v9i1.30184

Rahayu, E. G. S., Juandi, D., & Jupri, A. (2021). Didactical Design for Distance Concept in Solid Geometry to Develop Mathematical Representation Ability in Vocational High School. *Journal of Physics: Conference Series*, *1882*(1), 012077. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012077

Rahmawati, R., Sumarni, S., & Adiastuty, N. (2023). Analisis Desain Didaktis Materi Bangun Ruang Sisi

Datar dengan Pendekatan Konstruktivisme dan Model Discovery Learning. *PRISMA*, *12*(1), 171–188. https://doi.org/10.35194/jp.v12i1.2711

Rizki R, R., Suryadi, D., & Nurlaelah, E. (2022). Learning Obstacle dalam Pemecahan Masalah Matematis Siswa pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(4), 3671–3683. https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.5900

Safitri, G., Darhim, D., & Dasari, D. (2023). Student's Obstacles in Learning Surface Area and Volume of a Rectangular Prism Related to Mathematical Representation Ability. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *14*(1), 55–69. https://doi.org/10.24042/ajpm.v14i1.16281

Şener, A., Poçan, S., & Ergen, B. (2025). Enhancing Geometry Education through Deep Learning Models: Addressing Challenges in Three-Dimensional Shape Visualization. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, *14*(2), 247–258. https://doi.org/10.46810/tdfd.1639446

Sieng, V., & Thai, H. (2024). Improving Students' Visual Representation and Conceptual Understanding to Overcome Learning Difficulties in Geometry Using GeoGebra. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, *8*(2), 91–104. https://doi.org/10.12928/ijeme.v8i2.29834

Silmi Juman, Z. A. M., Mathavan, M., Ambegedara, A. S., & Udagedara, I. G. K. (2022). Difficulties in Learning Geometry Component in Mathematics and Active-Based Learning Methods to Overcome the Difficulties. *Shanlax International Journal of Education*, *10*(2), 41–58. https://doi.org/10.34293/education.v10i2.4299

Slamet, F. A. (2022). *Model Penelitian Pengembangan (R n D)*. Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang.

Sugiarni, R., Aulia, P., Suryadini, N., Bonyah, E., & Olivero-Acuña, R. R. (2025). Interactive GeoGebra Media Embedded in Student Worksheets: A Design Approach to Foster Mathematical Engagement in 3D Geometry. *International Journal of Didactic Mathematics in Distance Education*, *2*(2), 165–178. https://doi.org/10.33830/ijdmde.v2i2.11362

Sulistyowati, F., Budiyono, & Slamet, I. (2017). The Didactic Situation in Geometry Learning Based on Analysis of Learning Obstacles and Learning Trajectory. *AIP Conference Proceedings*, 020023. https://doi.org/10.1063/1.5016657

Suryadi, D. (2019a). *Penelitian Desain Didaktis (DDR) dan Implementasinya*. Gapura Press.

Suryadi, D. (2019b). *Philosophical Foundation Didactical Design Research (DDR)*. Gapura Press.

Utami, W. P., Jatisunda, M. G., Juraev, D. A., & Azman, M. N. A. (2026). Didactical Situations and Learning Obstacles in Geometric Sequences among High School Students. *AlphaMath : Journal of Mathematics Education*, *12*(1), 1–30. https://doi.org/10.30595/alphamath.v12i1.30595

Yaniawati, P., Sudirman, S., Mellawaty, M., Indrawan, R., & Mubarika, M. P. (2023). The Potential of Mobile Augmented Reality as a Didactic and Pedagogical Source in Learning Geometry 3D. *Journal of Technology and Science Education*, *13*(1), 4–22. https://doi.org/10.3926/jotse.1661