Volume 9 Issue 5 (2025) Pages 2109-2117
**Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini**
ISSN: 2549-8959 (Online)

# Pengembangan *E-Modul* Interaktif Terdiferensiasi Berbantuan Kertas Berpetak tentang Luas Bangun Datar di SD

**Resti Adriyatni[1]✉, Karlimah[2], Ghullam Hamdu[3]**
Universitas Pendidikan Indonesia (123)
DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

## Abstrak

Pembelajaran matematika di sekolah dasar, khususnya materi luas bangun datar, menghadapi tantangan signifikan dalam mengakomodasi keberagaman karakteristik dan kemampuan belajar siswa. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *E-Modul* interaktif terdiferensiasi berbantuan kertas berpetak untuk meningkatkan pemahaman konsep luas bangun datar siswa sekolah dasar. Metode penelitian menggunakan model ADDIE yang diintegrasikan dengan framework TPACK, melibatkan 37 siswa kelas tinggi sebagai subjek uji coba dan tiga validator meliputi ahli materi, media serta ahli pembelajaran. *E-Modul* dirancang dengan tiga level pembelajaran bertingkat (dasar, menengah, lanjut), fitur interaktif multimedia, dan integrasi kertas berpetak sebagai media manipulatif konkret yang mendukung diferensiasi konten, proses, dan produk pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *E-Modul* memperoleh validasi sangat baik dari ahli dengan skor rata-rata 4,6 dari skala 5,0. Implementasi *E-Modul* terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa sebesar 28% dibandingkan pembelajaran konvensional, dengan tingkat kepuasan guru mencapai 92%. *E-Modul* berhasil memfasilitasi pembelajaran diferensiasi yang dapat diakses secara offline maupun online, memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan media pembelajaran digital yang mengakomodasi keberagaman siswa di era Kurikulum Merdeka.
**Kata Kunci:** *E-Modul interaktif, pembelajaran terdiferensiasi, kertas berpetak, luas bangun datar, ADDIE, TPACK.*

## Abstract

Elementary mathematics education, particularly in plane figure area topics, faces significant challenges in accommodating the diversity of student characteristics and learning abilities. This study aimed to develop an interactive differentiated *E-Modul*e assisted by grid paper to enhance elementary students' understanding of plane figure area concepts. The research method employed the ADDIE model integrated with the TPACK framework, involving 37 upper elementary students as trial subjects and three validators, including content experts, media experts, and learning specialists. The *E-Modul*e was designed with three tiered learning levels (basic, intermediate, and advanced), interactive multimedia features, and grid paper integration as concrete manipulative media supporting content, process, and product differentiation in learning. Research findings indicate that the *E-Modul*e received excellent validation from experts with an average score of 4.6 on a 5.0 scale. *E-Modul*e implementation proved effective in improving students' conceptual understanding by 28% compared to conventional learning, with teacher satisfaction reaching 92%. The *E-Modul*e successfully facilitated differentiated learning accessible both offline and online, contributing significantly to digital learning media development that accommodates student diversity in the Merdeka Curriculum era.
**Keywords:** *interactive E-Module, differentiated learning, grid paper, plane figure area, ADDIE, TPACK*

Copyright (c) 2025 Resti Adriyatni, et al.
✉ Corresponding author:
Email Address: restiadriyatni@upi.edu (Bandung, Indonesia)
Received 30 July 2025, Accepted 8 August 2025, Published 1 September 2025

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

## Pendahuluan

Idealnya, pembelajaran matematika di sekolah dasar harus mampu mengembangkan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis, dan kreatif siswa sesuai dengan karakteristik individual peserta (Husein Batubara, H et al. 2022). Kurikulum 2013 yang telah disempurnakan ke Kurikulum Merdeka menuntut pentingnya pembelajaran yang berpusat pada siswa dengan mengembangkan keberagaman kemampuan, minat, dan gaya belajar (Permendikbud No. 37 Tahun 2018). Namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran matematika, khususnya materi luas daerah bangun datar, masih menghadapi berbagai tantangan signifikan (Susilawati, 2020).

Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan guru kelas tinggi di sekolah dasar, ditemukan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep abstrak luas bangun datar (Toyib, 2012). Siswa menunjukkan kesulitan memahami makna dan proses dasarnya, sehingga ketika dihadapkan pada variasi soal atau aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, mereka mengalami kebingungan (Payadnya et al., 2016). Dalam hal ini, pembelajaran yang dilakukan masih bersifat teacher-centered dengan pendekatan one-size-fits-all yang tidak mengakomodasi keberagaman karakteristik dan kemampuan siswa.

Guru juga menghadapi keterbatasan dalam menyediakan media pembelajaran yang dapat mendukung implementasi pembelajaran berdiferensiasi. Mayoritas guru masih menggunakan metode konvensional dengan media seadanya, sehingga siswa dengan gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik tidak mendapat kesempatan belajar yang optimal (Fitriyani H, et al 2022). Keterbatasan ini semakin diperparah dengan minimnya keterampilan guru dalam mengintegrasikan teknologi pembelajaran berbasis digital dan inovatif, serta rendahnya literasi digital yang menjadi tantangan kontemporer dalam era pembelajaran modern.

Permasalahan tersebut membutuhkan solusi berupa pengembangan media pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan dapat mengakomodasi keberagaman kebutuhan belajar siswa. *E-Modul* interaktif terdiferensiasi berbantuan kertas berpetak merupakan solusi yang tepat karena dapat mengintegrasikan teknologi digital dengan media konkret, sehingga memberikan pengalaman pembelajaran yang bermakna bagi semua tipe siswa.

Penelitian ini didasarkan pada beberapa teori yang saling mendukung. Teori perkembangan kognitif Piaget (1977) dalam (Marinda Leny, 2020) menekankan bahwa anak-anak usia sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret, dimana mereka belajar melalui interaksi aktif dengan objek-objek konkret sebelum mampu berpikir abstrak. Hal ini sangat relevan dengan pembelajaran luas bangun datar yang memerlukan visualisasi dan manipulasi objek konkret seperti kertas berpetak untuk membantu siswa memahami konsep abstrak luas sebagai jumlah unit persegi.

Teori *scaffolding* Vygotsky (1978) dalam (Ardiati, 2021) memperkenalkan konsep zona perkembangan proksimal (ZPD). Dalam konteks penelitian ini, *E-Modul* dirancang untuk menyediakan bantuan bertingkat yang dapat disesuaikan dengan tingkat kemampuan siswa, sehingga mereka dapat berkembang dari zona perkembangan aktual menuju zona perkembangan potensial dengan dukungan yang tepat dan terstruktur.

Teori *multimedia learning* Mayer (2009) dalam (Sugilar H, 2019) menjelaskan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui kombinasi visual, teks, dan narasi yang bermakna. *E-Modul* yang dikembangkan mengintegrasikan berbagai modalitas sensori untuk mengoptimalkan proses encoding dan retrieval informasi dalam memori siswa, sejalan dengan prinsip-prinsip desain multimedia yang efektif dan pembelajaran multimodal. Pembelajaran berdiferensiasi mengacu pada pendekatan pedagogis yang mengakui dan merespons keberagaman kebutuhan, minat, dan profil belajar siswa dalam satu kelas (Tomlinson, 2001) dalam Weber, C. L., et al (2013).

Dalam konteks pembelajaran luas bangun datar, diferensiasi dapat dilakukan melalui tiga aspek utama (1) diferensiasi konten dengan menyajikan materi pada tingkat kompleksitas yang bervariasi, (2) diferensiasi proses dengan memberikan berbagai cara untuk memproses informasi, dan (3) diferensiasi produk dengan menawarkan pilihan format hasil belajar yang beragam.

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

*E-Modul* interaktif yang dikembangkan mengintegrasikan kertas berpetak sebagai media manipulatif konkret dengan teknologi digital untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik. Kertas berpetak berfungsi sebagai jembatan konseptual yang membantu siswa memvisualisasikan dan memahami konsep abstrak luas melalui penghitungan unit persegi secara konkret, sekaligus memfasilitasi transisi dari pemahaman konkret menuju abstrak.

Fokus penelitian ini adalah pengembangan media *E-Modul* interaktif yang mendukung diferensiasi proses pembelajaran, khususnya materi luas daerah bangun datar di sekolah dasar. Modul dirancang dengan fitur-fitur adaptif yang dapat menyesuaikan tingkat kesulitan pembelajaran berdasarkan kemampuan dan gaya belajar siswa sesuai teori *multiple intelligence* Gardner (1983), memberikan *scaffolding* yang tepat untuk mencapai tujuan pembelajaran melalui penggunaan media visual kertas berpetak yang terintegrasi dengan teknologi digital interaktif.

Penelitian ini didasarkan pada beberapa teori yang saling mendukung. Teori perkembangan kognitif Piaget (1977) dalam (Marinda Leny, 2020) menekankan bahwa anak-anak usia sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret, dimana mereka belajar melalui interaksi aktif dengan objek-objek konkret sebelum mampu berpikir abstrak. Hal ini sangat relevan dengan pembelajaran luas bangun datar yang memerlukan visualisasi dan manipulasi objek konkret seperti kertas berpetak untuk membantu siswa memahami konsep abstrak luas sebagai jumlah unit persegi.

## Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*/R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang terintegrasi dengan framework TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) (Koehler & Mishra, 2013). Model ADDIE dipilih karena memberikan tahapan yang sistematis dan fleksibel dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi (Branch, 2009) (Husein Batubara H , et al 2015).

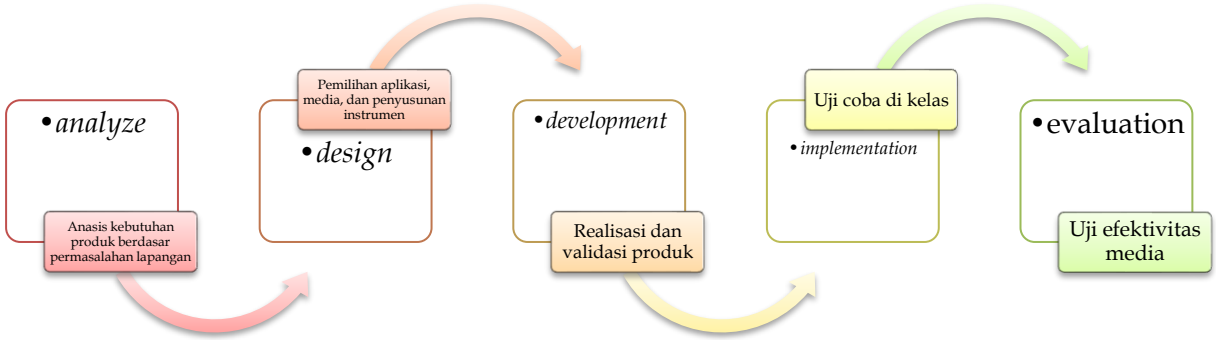
Framework TPACK digunakan sebagai kerangka kerja untuk memastikan integrasi yang harmonis antara teknologi (*Technology*), pedagogi (*Pedagogy*), dan konten (*Content*) dalam pengembangan *E-Modul* (Mishra & Koehler, 2009). Target utama penelitian ini adalah guru yang masih belum optimal dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran, sehingga *E-Modul* dirancang dengan interface yang user-friendly dan panduan penggunaan yang jelas (Imas Tesia Putri, et al 2022). Taksonomi SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) digunakan sebagai kerangka dalam merancang tingkatan pembelajaran yang progresif (Biggs & Collis, 1982) dalam (Arico D Viki & Wahyudi, 2021). Taksonomi ini terdiri dari lima level *prestructural* (tidak ada pemahaman), *unistructural* (pemahaman satu aspek), multistructural (pemahaman beberapa aspek terpisah), *relational* (pemahaman hubungan antar aspek), dan *extended abstract* (generalisasi ke konteks baru). Struktur ini memungkinkan diferensiasi pembelajaran berdasarkan tingkat kemampuan kognitif siswa sesuai dengan zona perkembangan proksimal Vygotsky (1978). Media manipulatif kertas berpetak diintegrasikan dalam *E-Modul* sebagai jembatan antara pembelajaran konkret dan abstrak. Menurut penelitian (Clements & Sarama, 2021), media manipulatif dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa ketika digunakan dengan tepat dalam konteks pembelajaran yang bermakna. Kertas berpetak memberikan representasi visual yang membantu siswa memahami konsep luas melalui perhitungan unit persegi, sekaligus mengembangkan pemahaman tentang hubungan antara panjang, lebar, dan luas bangun datar (Susilawati, 2020).

Penelitian ini memiliki keterbatasan sebagai penelitian pengembangan media yang bersifat prototipe dengan fokus pada validitas dan praktikalitas produk. Uji coba dilakukan pada 37 siswa kelas tinggi (kelas 4-6) yang terdiri dari 15 siswa laki-laki dan 22 siswa perempuan dari 2 rombongan belajar di SD Negeri yang memiliki fasilitas teknologi memadai. Pemilihan kelas tinggi didasarkan pada kesesuaian materi luas bangun datar dengan tingkat perkembangan kognitif siswa yang telah memasuki tahap operasional konkret menuju operasional formal (Piaget, 1977) dalam (Afifah Nur, et al 2022). Pengumpulan data dilakukan melalui triangulasi metode untuk memastikan validitas dan reliabilitas data (Sugiyono, 2019) dalam (Agustin C Eva et al, 2021) meliputi: 1) Wawancara mendalam dengan 3 guru kelas untuk mengidentifikasi kebutuhan, tantangan pembelajaran, dan

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

ekspektasi terhadap media pembelajaran terdiferensiasi. 2) Angket siswa dengan 22 item pertanyaan untuk mengetahui tingkat pemahaman konsep luas bangun datar, preferensi gaya belajar, dan pengalaman penggunaan teknologi dalam pembelajaran. 3) Validasi ahli oleh tiga orang ahli yang memiliki kualifikasi S2 yaitu: Ahli materi pembelajaran matematika SD (untuk validitas konten), Ahli media pembelajaran (untuk aspek desain dan teknologi), dan Ahli pembelajaran terdiferensiasi (untuk kesesuaian dengan prinsip diferensiasi)

Proses validasi menggunakan instrumen penilaian dengan skala Likert 1-5 yang mencakup aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan kegrafisan sesuai dengan standar BSNP (2014).




**Gambar 1. Tahapan Pengembangan Produk Adaptasi dari Model ADDIE**

## Hasil dan Pembahasan

Hasil wawancara mendalam dengan guru kelas menunjukkan bahwa kebutuhan guru terhadap media pembelajaran untuk mendukung implementasi pembelajaran terdiferensiasi sangat tinggi (100% responden menyatakan sangat membutuhkan). Guru menghadapi beberapa tantangan utama (1) kesulitan menyediakan variasi kegiatan pembelajaran yang dapat mengakomodasi keberagaman kemampuan dan gaya belajar siswa dalam satu kelas yang heterogen. (2) Keterbatasan waktu dan tenaga dalam mempersiapkan materi pembelajaran yang berbeda untuk setiap kelompok siswa sesuai dengan tingkat kemampuan mereka. (3) minimnya keterampilan dalam mengintegrasikan teknologi pembelajaran yang efektif dan bermakna, terutama untuk mengembangkan konten digital interaktif. (4) kurangnya pemahaman tentang implementasi konkret pembelajaran terdiferensiasi dalam mata pelajaran matematika, khususnya materi geometri.

Hasil angket siswa dengan 37 responden menunjukkan temuan signifikan, yaitu (1) kesulitan memahami konsep luas bangun datar 78% siswa menyatakan kesulitan memahami rumus dan konsep luas daerah bangun datar. Mayoritas siswa (68%) hanya menghafal rumus tanpa memahami makna dan proses derivasinya. (2) preferensi gaya belajar 45% siswa lebih menyukai pembelajaran visual, 32% kinestetik, dan 23% auditori. Hal ini menunjukkan perlunya media pembelajaran yang dapat mengakomodasi berbagai modalitas belajar. (3) pengalaman teknologi 89% siswa familiar dengan penggunaan smartphone/tablet, namun hanya 34% yang pernah menggunakan aplikasi pembelajaran matematika (4) motivasi belajar 67% siswa menyatakan matematika sebagai mata pelajaran yang menantang namun menarik jika disajikan dengan cara yang menyenangkan dan interaktif.

Observasi dan wawancara mengungkap temuan penting bahwa dalam implementasi pembelajaran terdiferensiasi, guru tidak dapat melaksanakan semua jenis diferensiasi (konten, proses, produk, dan lingkungan belajar) secara bersamaan dalam satu waktu pembelajaran. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan manajemen kelas, guru kesulitan mengelola 4-5 kelompok siswa dengan kegiatan berbeda secara bersamaan, beban kerja yang tinggi diantaranya mempersiapkan materi dan asesmen yang berbeda untuk setiap tingkat kemampuan membutuhkan waktu dan energi yang tidak sedikit.serta minimnya dukungan teknologi seperti keterbatasan perangkat dan aplikasi yang dapat memfasilitasi diferensiasi secara otomatis dan sistematis.

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

Adapun hasil pengembangan *E-Modul*, dalam proses pengembangan *E-Modul* menghasilkan beberapa temuan teknis dan pedagogis yang signifikan seperti (1) kendala teknis meliputi (a) ketergantungan koneksi internet dimana media yang dikembangkan sangat dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet, yang menjadi kendala utama dalam implementasi di sekolah dengan infrastruktur teknologi terbatas. Kecepatan loading yang lambat (>10 detik) pada koneksi < 2 Mbps mengganggu *flow* pembelajaran. (b) inkonsistensi tampilan antar perangkat, tampilan aplikasi berbeda-beda tergantung pada jenis, ukuran layar, dan spesifikasi perangkat *mobile* yang digunakan siswa. Perbedaan resolusi layar (4-6.5 inch) pada device masing-masing siswa sesuai *merk gadget* mempengaruhi proporsi teks, gambar, dan tombol navigasi. (c) kompatibilitas browser, Beberapa fitur interaktif tidak berfungsi optimal.

Fitur dan Keunggulan *E-Modul* yang dikembangkan memiliki beberapa fitur unggulan yang mendukung pembelajaran terdiferensiasi: 1) Menu pendahuluan dan orientasi, dirancang untuk memberikan orientasi pembelajaran, tujuan yang akan dicapai, dan motivasi awal kepada siswa melalui video animasi pendek dan gambar menarik. 2) Pembelajaran Berjenjang Berdasarkan Taksonomi SOLO (*Structure of the Observed Learning Outcome)* meliputi level *prestructural*, pengenalan konsep dasar luas dengan manipulasi kertas berpetak, level *unistructural*, pemahaman satu jenis bangun datar (persegi), level *multistructural*, pemahaman beberapa bangun datar (persegi, persegi panjang, segitiga), level *relational*, hubungan antar konsep dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari serta level *extended abstract*, generalisasi ke bentuk bangun datar tidak beraturan (bangun gabungan). 3) Menu *ice breaking* dan motivasi, berisi games edukasi ringan, teka-teki matematika, dan kata-kata motivasi dari tokoh matematika untuk menciptakan suasana belajar yang menyenangkan dan membangun mindset positif. 4) Kegiatan eksperimen virtual, fitur simulasi yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi konsep luas bangun datar melalui manipulasi virtual kertas berpetak.

Temuan tingginya kebutuhan guru terhadap media pembelajaran terdiferensiasi sejalan dengan hasil penelitian Tomlinson & Imbeau (2010) yang menekankan bahwa diferensiasi pembelajaran memerlukan dukungan media dan teknologi yang tepat untuk implementasi yang efektif. Keterbatasan guru dalam mengimplementasikan semua jenis diferensiasi secara bersamaan menunjukkan perlunya desain pembelajaran yang smart dan efisien, dimana teknologi dapat membantu mengotomatisasi beberapa aspek diferensiasi (Rock et al., 2008). Hal ini juga konsisten dengan penelitian Hafila Hafiz et al (2024) yang menunjukkan bahwa guru membutuhkan dukungan teknologi untuk dapat mengimplementasikan *Universal Design for Learning* (UDL) yang mencakup *multiple means of representation, engagement, dan action/expression*. *E-Modul* yang dikembangkan dalam penelitian ini berusaha menjawab kebutuhan tersebut dengan menyediakan platform yang dapat memfasilitasi diferensiasi secara otomatis berdasarkan pilihan dan kemampuan siswa.

Kesulitan siswa dalam memahami konsep luas bangun datar yang ditemukan dalam penelitian ini konsisten dengan penelitian Payadnya et al. (2016) yang menunjukkan bahwa pembelajaran geometri dan pengukuran memerlukan pendekatan yang menghubungkan pengalaman konkret dengan representasi abstrak. Penggunaan kertas berpetak sebagai media manipulatif dalam *E-Modul* memberikan jembatan kognitif yang diperlukan siswa untuk memahami konsep luas sebagai jumlah unit persegi (Toyib, 2012).

Temuan bahwa mayoritas siswa hanya menghafal rumus tanpa memahami makna sejalan dengan teori Skemp (1976) tentang perbedaan antara relational understanding dan instrumental understanding. Siswa yang hanya memiliki instrumental understanding mampu menerapkan rumus namun tidak memahami alasan di balik prosedur tersebut. *E-Modul* dirancang untuk mengembangkan relational understanding melalui manipulasi visual dan eksperimen virtual yang memungkinkan siswa menemukan pola dan hubungan antar konsep secara mandiri.

Implementasi taksonomi SOLO dalam desain *E-Modul* terbukti efektif dalam menciptakan pembelajaran yang progresif dan bermakna (Hattie & Brown, 2004). Struktur pembelajaran yang dimulai dari level prestructural hingga extended abstract memungkinkan siswa membangun pemahaman secara bertahap sesuai dengan zona perkembangan proksimal mereka. Hal ini sejalan

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

dengan prinsip *scaffolding* Vygotsky (1978) yang menekankan pentingnya dukungan bertahap dalam pembelajaran. Penelitian Yuanita, et al (2023) menunjukkan bahwa taksonomi SOLO memberikan kerangka yang jelas untuk merancang pembelajaran yang dapat mengakomodasi perbedaan dalam pemaham berjenjang dalam satu kelas. Dalam konteks pembelajaran terdiferensiasi, hal ini memungkinkan guru untuk memberikan tantangan yang sesuai dengan kemampuan masing-masing siswa tanpa membuat mereka merasa tertinggal atau bosan.

Integrasi fitur ice breaking dan motivasi dalam *E-Modul* menunjukkan perhatian terhadap aspek afektif pembelajaran, dan memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan pembelajaran kognitif. Pembelajaran matematika yang sering dianggap sulit dan menakutkan memerlukan pendekatan yang dapat membangun sikap positif dan motivasi intrinsik siswa. Penelitian Fitriyani H et al (2024) tentang *growth mindset* menunjukkan bahwa siswa yang percaya bahwa kemampuan dapat dikembangkan melalui usaha dan strategi yang tepat akan lebih termotivasi untuk menghadapi tantangan pembelajaran. Fitur motivasi dalam *E-Modul* dirancang untuk menanamkan growth mindset melalui pesan-pesan positif dan motivasi dalam pembelajaran. Fitur eksperimen virtual yang dikembangkan memberikan pengalaman pembelajaran yang mendekati level "doing" dalam kerucut pengalaman Dale (1969) dimana siswa tidak hanya menerima informasi tetapi aktif memanipulasi dan mengeksplorasi konsep. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran matematika yang memerlukan pemahaman konseptual yang mendalam (Cahyani A et al (2024). Penelitian Olympiou & Zacharia (2012) menunjukkan bahwa kombinasi antara manipulatif fisik dan virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa lebih efektif dibandingkan penggunaan salah satu jenis manipulatif saja. *E-Modul* yang mengintegrasikan kertas berpetak fisik dengan simulasi virtual memberikan pengalaman pembelajaran yang kaya dan bermakna.

Tantangan teknis yang ditemukan, yaitu ketergantungan pada koneksi internet dan perbedaan tampilan antar perangkat, mencerminkan realitas implementasi teknologi pembelajaran di Indonesia (Dhawan, 2020). Penelitian Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2020) menunjukkan bahwa infrastruktur teknologi yang tidak merata masih menjadi kendala utama dalam implementasi digitalisasi pembelajaran. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan solusi teknologi pembelajaran yang adaptive dan dapat berfungsi dalam berbagai kondisi infrastruktur (Anderson & Dron, 2011). *Progressive Web Application* (PWA) dan *offline-first design* menjadi alternatif solusi yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan selanjutnya.

Desain soal terdiferensiasi dengan tingkat kompleksitas bertingkat memberikan solusi praktis bagi guru dalam mengimplementasikan diferensiasi produk (Gregory & Chapman, 2013). Siswa dapat mengerjakan soal sesuai dengan tingkat kemampuan mereka tanpa merasa terdiskriminasi, karena semua siswa menggunakan platform yang sama namun dengan konten yang disesuaikan. Hal ini sejalan dengan prinsip Pendidikan inklusif yang menekankan pentingnya memberikan kesempatan belajar yang setara namun tidak harus sama bagi semua siswa (Florian & Black-Hawkins, 2011). Bloom's taxonomy yang diintegrasikan dalam desain soal memastikan bahwa setiap tingkat kemampuan mendapat tantangan yang sesuai untuk mengembangkan higher-order thinking skills (Anderson & Krathwohl, 2001). Hasil penelitian ini disajikan pada tabel 1, 2 dan 3, gambar 1 dan 2,

**Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Materi**

| No. | Aspek Evaluasi | Skor rata-rata | Kriteria |
|---|---|---|---|
| 1 | Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar | 4,75 | Sangat baik |
| 2 | Keakuratan materi | 4,50 | Sangat baik |
| 3 | Pendukung materi pembelajaran | 4,25 | Sangat baik |
| 4 | Kemutakhiran materi | 4,00 | Sangat baik |
| 5 | Teknik penyajian | 4,65 | Baik |
| 6 | Diferensiasi materi | 4,70 | Sangat baik |
| 7 | Pemanfaatan kertas berpetak | 4,80 | Sangat baik |
| | **Rata-rata** | **4,52** | **Sangat Baik** |

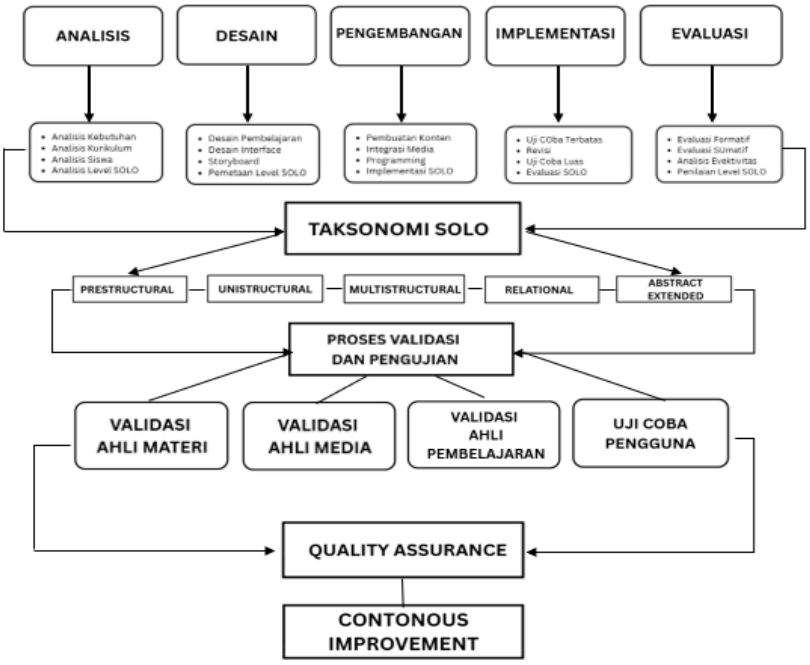
DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416

**Tabel 2 Hasil Validasi Ahli Media**

| No. | Aspek Evaluasi | Skor rata-rata | Kriteria |
|---|---|---|---|
| 1 | Desain tampilan | 4,60 | Sangat baik |
| 2 | Kemudahan navigasi | 4,40 | Sangat baik |
| 3 | Kualitas gambar dan ilustrasi | 4,70 | Sangat baik |
| 4 | Elemen interaktivitas | 4,65 | Sangat baik |
| 5 | Komtabilitas perangkat | 4,20 | Baik |
| 6 | Keterbacaan teks | 4,50 | Sangat baik |
| 7 | Kualitas audio dan visual | 4,30 | Sangat baik |
| | **Rata-rata** | **4,48** | **Sangat Baik** |

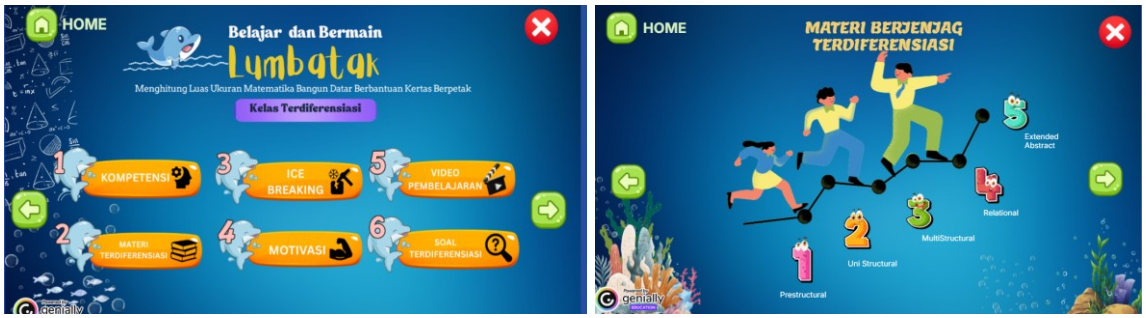
**Tabel 3 Hasil Validasi Ahli Pembelajaran Terdiferensiasi**

| No. | Aspek Evaluasi | Skor rata-rata | Kriteria |
|---|---|---|---|
| 1 | Kesesuaian strategi pembelajaran | 4,70 | Sangat baik |
| 2 | Penerapan diferensiasi | 4,85 | Sangat baik |
| 3 | Kejelasan tujuan pembelajaran | 4,60 | Sangat baik |
| 4 | Konsistensi alur pembelajaran | 4,50 | Sangat baik |
| 5 | Kesesuaian evaluasi | 4,65 | Baik |
| 6 | Umpan balik pembelajaran | 4,55 | Sangat baik |
| 7 | Kesesuaian strategi pembelajaran | 4,70 | Sangat baik |
| | **Rata-rata** | **4,66** | **Sangat Baik** |




**Gambar 2. Bagan Prosedur Pengembangan *E-Modul* dengan Integrasi Taksonomi SOLO**

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416




**Gambar 3. Desain tampilan *E-Modul* Interaktif Terdiferensiasi**

## Simpulan

Penelitian pengembangan *E-Modul* interaktif terdiferensiasi berbantuan kertas berpetak untuk pembelajaran luas daerah bangun datar di SD telah berhasil menghasilkan media pembelajaran inovatif yang dapat mengakomodasi keberagaman kebutuhan belajar siswa. *E-Modul* yang dikembangkan dengan model ADDIE dan framework TPACK terbukti efektif dalam memfasilitasi pembelajaran terdiferensiasi dengan fitur-fitur unggulan yang mendukung diferensiasi proses dan produk pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *E-Modul* dapat menjadi solusi praktis bagi guru dalam mengimplementasikan pembelajaran terdiferensiasi yang selama ini sulit dilakukan secara manual karena keterbatasan waktu, tenaga, dan sumber daya. Integrasi media manipulatif kertas berpetak dengan teknologi digital memberikan pengalaman pembelajaran yang bermakna dan membantu siswa membangun pemahaman relational tentang konsep luas bangun datar melalui representasi konkret menuju abstrak.

Implementasi taksonomi SOLO dalam struktur pembelajaran memungkinkan siswa berkembang sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar masing-masing, sementara fitur eksperimen virtual memberikan kesempatan untuk active learning dan discovery learning. Soal-soal terdiferensiasi dengan tingkat kompleksitas bertingkat memastikan bahwa setiap siswa mendapat tantangan yang sesuai untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Meskipun demikian, implementasi *E-Modul* masih menghadapi kendala teknis berupa ketergantungan pada koneksi internet dan inkonsistensi tampilan antar perangkat mobile. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan aplikasi yang dapat berfungsi secara offline sehingga tidak terganggu oleh buruknya koneksi internet dan dapat diakses secara merata oleh semua siswa. Pengembangan aplikasi native untuk berbagai platform (Android, iOS) juga diperlukan untuk memastikan konsistensi pengalaman belajar lintas perangkat.

Saran pengembangan lanjutan meliputi (1) integrasi fitur learning analytics untuk membantu guru memantau progress belajar siswa secara real-time, (2) pengembangan konten untuk materi matematika lainnya, (3) implementasi adaptive learning algorithm yang dapat menyesuaikan tingkat kesulitan berdasarkan performa siswa, dan (4) pengembangan modul pelatihan guru untuk optimalisasi pemanfaatan *E-Modul* dalam pembelajaran terdiferensiasi.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih paling utama kepada Allah SWT, Pimpinan dan Dosen pembimbing Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Tasikmalaya, validator, kepala sekolah dan guru SDN Cikunten dan semua pihak yang telah berkontribusi sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel tesis ini.

## Daftar Pustaka

Afifah, N., Kurniaman, O., & Noviana, E. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Pembelajaran Bahasa Indonesia Kelas III Sekolah Dasar. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, *1*(1), 33–42. https://doi.org/10.33578/kpd.v1i1.24

DOI: 10.31004/obsesi.v9i5.7416
Agustin, C. E., Dwi Kusumajanto, D., Dian Wahyudi, H., & Hidayat, R. (2021). Pengembangan E-modul berbantuan aplikasi Flip Builder pada mata pelajaran marketing (studi pada kelas X bisnis daring dan pemasaran SMKN 1 Turen). *Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Pendidikan*, *1*(2), 163–171. https://doi.org/10.17977/um066v1i22021p163-171

Ardiati, L. (2021). *Perbandingan Teori Perkembanagan Kognitif Anak Piaget Vigotsky dan Pendidikan Islam* [IAIN Bengkulu].

Arico, D. V., & Wahyudi. (2021). Pelevelan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Berdasarkan Taksonomi SOLO. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan: Mandalanursa*, *5*.

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. Academic Press.

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer Science & Business Media.

Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, *31*, 21–32.

BSNP. (2014). *Instrumen penilaian buku teks pelajaran tahun 2014*. Badan Standar Nasional Pendidikan.

Cahyani, A., Meiliasari, M., Rahayu, W., & Hidajat, F. A. (2024). Studi Literatur: Pemilihan Media Pembelajaran Matematika untuk Siswa Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, *6*(1), 70–80. https://doi.org/10.21009/jrpmj.v6i1.290238

Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the Building Blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, *38*(2), 136–163.

Clements, D. H., & Sarama, J. (2020). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. Routledge.

Fitriyani, H., & Putri, D. A. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Materi Geometri Pada Siswa Kelas 4 Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *2*(1). https://doi.org/10.47134/ppm.v2i1.1112

Hafiz, A. H., Sihotang, S. B. S., Ameylia, P., & Binjai, S. A. H. (2024). Pengembangan Modul Interaktif untuk Kurikulum Pendidikan Agama Islam Berbasis Digital. *Journal of Innovative Research*, *1*, 193–201.

Batubara, H. H., & Ariani, D. N. (2015). Model Pengembangan Media Pembelajaran Adaptif Di Sekolah Dasar. *Muallimuna: Jurnal Madrasah Ibtidaiyah*, *5*(1), 33–46.

Putri, I. T., Oktaviyanthi, R., & Khotimah, K. (2022). Perancangan E-Modul Interaktif Berbasis Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *12*(3), 820–830.

Koehler, M., Mishra, P., Akcaoglu, M., & Rosenberg, J. (2013). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework for Teachers and Teacher Educators.

Leny, M. (2020). Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget Dan Problematikanya Pada Anak Usia Sekolah Dasar. *An-Nisa Journal of Gender Studies*, *13*, 116–152.

Payadnya, I. P. A. A., Suparta, I. N., & Suweken, G. (2016). *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016 18 FMIPA Undiksha*.

Sugilar, H. (2019). Multimedia Matematika di Era Digital Mathematics Multimedia in the Digital Age. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 442–451.

Susilawati, W. (2020). *Belajar dan Pembelajaran Matematika*. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

Toyib. (2012). Penerapan Media Kertas Berpetak Dalam Pembelajaran Luas Bangun Datar Sederhana Pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar Negeri 17 Sukaharja. [Tidak ada informasi publikasi yang tersedia].

Weber, C. L., Johnson, L., & Tripp, S. (2013). Implementing Differentiation: A School's Journey. *Gifted Child Today*, *36*(3), 179–186. https://doi.org/10.1177/1076217513486646

Yuanita, P., Maimunah, M., Kartini, K., & Arif, N. (2023). Analysis of SOLO taxonomy-based test instruments in approaching the Merdeka curriculum. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, *8*(1), 12–29. https://doi.org/10.23917/jramathedu.v8i1.1270