

Integrasi Prinsip *Universal Design for Learning* (UDL) Pada E-Modul Matematika Berbasis Problem-Based Learning Di Kelas VII SMP

Bertu Rianto Takaendengan^{1*}, Agusyarif Rezka Nuha², Taulia Damayanti³, Patra Lasantu⁴, Adib Rizal Kundju⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo,
Jl. Prof. Dr. Ing B.J. Habibie, Tilongkabila, Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia 96554

INFO ARTIKEL

* Penulis Korespondensi.

Email:
bertu@ung.ac.id

Diterima:
22 Desember 2025

Disetujui:
26 Desember 2025

Online
26 Desember 2025

Format Sitasi:
B.R. Takaendengan *et al*,
"Integrasi Prinsip
Universal Design
Learning pada E-Modul
Matematika Berbasis
Problem Based Learning
di Kelas VII SMP"
Jambura J. Math. Edu., vol.
6, no. 2, pp. 138-148, 2025

Lisensi:
JMathEdu is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Copyright © 2025
Jambura Journal of
Mathematics Education

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital menuntut inovasi bahan ajar yang interaktif, adaptif, dan inklusif, khususnya dalam pembelajaran matematika yang masih didominasi metode konvensional dan berdampak pada rendahnya hasil belajar siswa. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul matematika berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) dengan integrasi prinsip *Universal Design for Learning* (UDL) pada materi perbandingan kelas VII SMP. Penelitian dilakukan di SMP Negeri 1 Wonosari pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 dengan menggunakan pendekatan *research and development* model 4D (*define, design, develop, disseminate*), melibatkan ahli untuk validasi serta angket, yang dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memenuhi kriteria kelayakan dengan rata-rata 86,75% (kategori Baik) dan dinilai sangat praktis dengan skor 88% oleh guru maupun siswa. Keterbatasan penelitian terletak pada ruang lingkup yang sempit, sehingga penelitian lanjutan disarankan melibatkan materi dan konteks sekolah yang lebih beragam. Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi PBL dan UDL dalam e-modul dapat menjadi alternatif inovatif untuk mendukung pembelajaran matematika yang lebih interaktif, kontekstual, dan inklusif.

Kata Kunci: E-modul matematika; Problem-Based Learning (PBL); Universal Design for Learning (UDL).

ABSTRACT

The development of digital technology requires innovative teaching materials that are interactive, adaptive, and inclusive, particularly in mathematics learning, which is still dominated by conventional methods and results in low student achievement. This study aimed to develop a mathematics e-module based on Problem-Based Learning (PBL) with the integration of Universal Design for Learning (UDL) principles on ratio material for seventh-grade students. The research was conducted at SMP Negeri 1 Wonosari during the even semester of the 2024/2025 academic year using the research and development approach with the 4D model (*define, design, develop, disseminate*), involving experts for validation as well as teachers and students for trials. Data were collected through validation sheets, questionnaires, and learning achievement tests, and analyzed descriptively. The results showed that the developed e-module met the feasibility criteria with an average of 86.75% (Good category) and was rated very practical with a score of 88% by teachers and students. The limitation of this study lies in its narrow scope; therefore, further research is recommended to involve broader materials and diverse school contexts. This study confirms that the integration of PBL and UDL in e-modules can serve as an innovative alternative to support mathematics learning that is more interactive, contextual, and inclusive.

Keywords: Mathematics e-module; Problem-Based Learning (PBL); Universal Design for Learning (UDL).

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telah mendorong perubahan signifikan di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Transformasi digital dalam pendidikan bertujuan meningkatkan keterlibatan dan aksesibilitas melalui metode interaktif dan terpersonalisasi. Dalam konteks ini, kerangka kerja yang terstruktur menjadi penting untuk membimbing proses pembelajaran agar efektif dan relevan di era modern [1], [2]. Selain itu, teknologi memiliki potensi besar dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, yang sangat penting bagi siswa di era revolusi industri keempat [3]. Integrasi teknologi dalam proses pembelajaran juga telah mengubah secara mendasar cara penyampaian materi serta pengalaman belajar, baik bagi pendidik maupun peserta didik [4].

Peran satuan pendidikan sangat menentukan dalam menjamin kualitas pendidikan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui penyelenggaraan proses pembelajaran yang efektif [5]. Dalam konteks ini, mata pelajaran matematika memiliki peranan penting karena merupakan ilmu dasar yang berkontribusi besar terhadap pengembangan kemampuan berpikir logis dan pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Namun, praktik pembelajaran di lapangan masih menunjukkan adanya kesenjangan antara idealitas dan realitas. Salah satunya terlihat dari masih rendahnya implementasi pembelajaran berbasis masalah di kelas. Rendahnya penerapan model ini dipengaruhi oleh sifat matematika yang abstrak serta tantangan guru dalam mengaitkan materi dengan konteks kehidupan nyata [6], [7], [8]. Kesenjangan ini menegaskan perlunya inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang mampu menjembatani konsep abstrak dengan kehidupan nyata.

Hasil observasi di SMP Negeri 1 Wonosari menunjukkan bahwa pembelajaran matematika masih dominan menggunakan media konvensional, seperti modul cetak dan catatan tangan, meskipun sekolah telah memiliki fasilitas digital yang memadai. Potensi teknologi belum dimanfaatkan optimal, sehingga berdampak pada rendahnya hasil belajar. Pada asesmen sumatif akhir semester ganjil tahun ajaran 2024/2025, hanya 13% siswa yang mencapai Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP) dengan rata-rata nilai 56,3. Hal ini mengindikasikan perlunya bahan ajar digital yang dapat menjembatani pemanfaatan teknologi dengan kebutuhan belajar siswa.

Pembelajaran digital merupakan praktik pendidikan yang mengintegrasikan teknologi, sehingga pemanfaatannya menjadi kebutuhan mendasar, bukan lagi opsional [9], [10]. Keterlibatan teknologi dalam pembelajaran matematika menegaskan pentingnya peran guru dalam mengoptimalkan potensi siswa, salah satunya melalui e-modul yang memadukan teks, audio, visual, dan audiovisual [11]. Dalam implementasinya, *Problem-Based Learning* (PBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman siswa. Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PBL memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar matematika [12], [13]. Meski demikian, PBL saja belum cukup untuk mengakomodasi perbedaan cara siswa dalam menerima dan memahami informasi. Setiap siswa memiliki gaya belajar yang berbeda [14] sehingga pendidik perlu merancang pembelajaran yang inklusif dan adaptif.

Universal Design for Learning (UDL) merupakan pendekatan yang dirancang untuk menciptakan kegiatan belajar, kurikulum, dan asesmen yang bersifat universal sehingga semua siswa memiliki kesempatan sama untuk berpartisipasi aktif [15]. Kerangka kerja

UDL digunakan untuk mengidentifikasi tantangan serta solusi potensial guna meningkatkan partisipasi dan keberhasilan siswa [16]. UDL terdiri dari tiga prinsip utama, yaitu: (1) *multiple means of representation* (menyediakan berbagai cara representasi) agar siswa dapat memperoleh dan memahami informasi secara efektif, (2) *multiple means of action and expression* (menyediakan berbagai cara aksi dan ekspresi) agar siswa dapat menunjukkan pemahaman mereka sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar masing-masing, serta (3) *multiple means of engagement* (menyediakan berbagai cara untuk meningkatkan keterlibatan) guna membangkitkan motivasi serta mempertahankan minat belajar siswa [17], [18]. Saat ini, e-modul banyak digunakan dalam pembelajaran karena fleksibel dan mudah diakses. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan e-modul matematika berbasis PBL yang diintegrasikan dengan prinsip UDL pada materi perbandingan kelas VII SMP. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan bahan ajar digital yang layak, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika serta mendukung terciptanya pembelajaran yang inklusif dan adaptif. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi prinsip UDL dalam e-modul berbasis PBL, yang belum banyak dilakukan pada pembelajaran matematika SMP, khususnya pada materi perbandingan, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam praktik dan kajian pendidikan matematika.

2. Metode

Penelitian ini memfokuskan pada integrasi UDL dalam penelitian pengembangan yang menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Dissemination*) dengan bantuan aplikasi PowerPoint, iSpring Free, Website 2 APK Builder, dan Canva. Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah 28 siswa SMP kelas VII SMP N 1 Wonosari semester genap T.A 2024/2025. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pedoman wawancara, angket kelayakan dan kepraktisan e-modul. Adapun tahapan penelitian pengembangan ini terdiri dari:

- a. *Define*: Dilakukan analisis kebutuhan, kurikulum, dan karakteristik peserta didik melalui wawancara dengan guru dan siswa untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan belajar.
- b. *Design*: Penyusunan konten e-modul berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan. Desain ini mengikuti pedoman kurikulum yang berlaku.
- c. *Develop*: Pembuatan e-modul menggunakan PowerPoint dan Canva untuk desain grafis, serta iSpring Free untuk interaktivitas. Kemudian, dilakukan uji kelayakan oleh ahli materi dan media pembelajaran dan diuji coba.
- d. *Dissemination*: Penyebaran e-modul dilakukan ke sekolah-sekolah sekitar melalui platform daring atau distribusi langsung kepada guru dan siswa.

Kelayakan dan kepraktisan e-modul dalam penelitian ini mengacu pada persentase dengan kriteria seperti yang ditampilkan pada tabel 1 dan 2 [19], [20].

Tabel 1. Kriteria kelayakan e-modul

Persentase	Kualifikasi
$x \geq 91\%$	Sangat Baik
$81\% \leq x < 91\%$	Baik
$71\% \leq x < 81\%$	Cukup
$61\% \leq x < 71\%$	Kurang
$x < 61\%$	Sangat Kurang

Tabel 2. Kriteria kepraktisan e-modul

Persentase	Kualifikasi
$x \geq 81\%$	Sangat Praktis
$61\% \leq x < 81\%$	Praktis
$41\% \leq x < 61\%$	Cukup Praktis
$21\% \leq x < 41\%$	Kurang Praktis
$x < 21\%$	Tidak Praktis

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis pada tahap *Define* menunjukkan bahwa kendala utama pembelajaran matematika di SMP Negeri 1 Wonosari terletak pada penggunaan bahan ajar yang masih dominan berbentuk modul cetak dan catatan manual, meskipun sekolah telah memiliki fasilitas digital yang memadai. Kondisi ini berdampak pada terbatasnya variasi penyajian materi, karena modul cetak cenderung tekstual dan minim fitur interaktif. Hasil asesmen sumatif akhir semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 menunjukkan bahwa dari 31 siswa kelas VII-2, hanya 4 siswa yang mencapai KKTP, sedangkan mayoritas belum tuntas. Selain itu, meskipun sekolah telah menerapkan Kurikulum Merdeka, bahan ajar belum sepenuhnya mendukung keragaman gaya belajar dan keterlibatan aktif siswa. Hal ini menegaskan perlunya bahan ajar digital yang lebih interaktif dan adaptif. Model PBL relevan untuk mengaitkan materi dengan konteks nyata, sedangkan integrasi UDL dapat menciptakan pembelajaran yang inklusif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Sejalan dengan itu, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penyajian visualisasi dan kasus kontekstual mampu memberikan penguatan positif dalam pembelajaran matematika karena membantu siswa memahami konsep yang diajarkan [21], [22]. Temuan ini menjadi dasar pengembangan e-modul berbasis PBL dengan prinsip UDL dalam penelitian ini.

Pada tahap *Design*, e-modul dirancang dengan mempertimbangkan aspek media, format, dan struktur isi. E-modul interaktif berbasis Android dipilih karena sesuai dengan perangkat yang dominan digunakan siswa, sehingga memudahkan akses dan penggunaan. Pilihan ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan modul berbasis Android praktis dan mendukung peningkatan kemampuan berpikir siswa [23], [24]. Model Problem-Based Learning diterapkan melalui penempatan masalah kontekstual pada awal setiap topik sebagai pemantik untuk mendorong siswa melakukan eksplorasi, diskusi, dan penyelesaian kasus. Selanjutnya UDL diimplementasikan melalui variasi penyajian materi (teks, gambar, video), latihan interaktif dengan umpan balik, serta fitur gamifikasi dan refleksi untuk menjaga keterlibatan siswa. Hal ini menegaskan peran teknologi digital dalam mendukung fleksibilitas UDL dan menjamin inklusi serta kesetaraan belajar [25], [26]. Struktur e-modul meliputi cover, capaian dan tujuan pembelajaran, peta konsep, pemantik kontekstual, materi pokok perbandingan (dua besaran, senilai, berbalik nilai), LKPD berbasis masalah, soal formatif, refleksi, dan penilaian diri. Seluruh konten disajikan dalam format aplikasi Android dengan desain responsif dan tampilan visual yang sesuai dengan karakteristik siswa SMP.

Tahap *Develop* menghasilkan e-modul sesuai rancangan. Produk awal mencakup cover, kata pengantar, peta konsep, menu utama, capaian pembelajaran, materi, pemantik kontekstual, contoh soal, latihan formatif, refleksi, dan fitur games. E modul dirancang

sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ditetapkan pada materi perbandingan kelas VII SMP seperti yang ditampilkan gambar 1.



Gambar 1. Tujuan pembelajaran pada e-modul

Selanjutnya, pengintegrasian model PBL dalam e-modul tampak pada penyajian setiap materi yang dilengkapi dengan masalah kontekstual. Masalah ini berfungsi sebagai pemantik untuk mendorong siswa mengeksplorasi konsep, berdiskusi, dan mencapai tujuan pembelajaran (Gambar 2).

The screenshot displays two contextual cases. The top section features a dialogue between a girl and a boy about comparing prices. The boy suggests using 'perbandingan dua besaran' (ratio of two quantities) to solve the problem. The first case, 'Kasus 1', describes Rina and Dimas commuting to school from different distances but arriving at the same time, despite Dimas starting later. The second case, 'Kasus 2', describes Fikri filling a bathtub with two different faucets (A and B) at different rates. Both cases include 'Ayo Berpikir' (Think) sections with prompts to understand the problem and list questions to explore.

Gambar 2. Kasus Kontekstual pada Setiap Materi Ajar

Penerapan PBL dalam e-modul mendorong peningkatan keaktifan siswa dalam mengeksplorasi masalah matematis, sejalan dengan temuan Anggraeni et al. [27] dan Pitorini [28] yang menegaskan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa integrasi PBL dalam bahan ajar digital dapat menjadi strategi inovatif untuk mengatasi tantangan pembelajaran matematika yakni bagaimana menjadikan materi kompleks dan abstrak lebih mudah dipahami siswa [29].

Integrasi prinsip *Universal Design for Learning* (UDL) dalam e-modul tampak pada penerapan *multiple means of representation* sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Materi disajikan dalam berbagai bentuk, meliputi teks dengan dukungan audio, gambar visual, dan video pembelajaran, sehingga mampu mengakomodasi keragaman gaya belajar siswa. Selanjutnya, penerapan *multiple means of action and expression* ditunjukkan dengan pemberian kesempatan kepada siswa untuk mengekspresikan pemahamannya melalui tahapan PBL, mulai dari membimbing penyelidikan hingga menyelesaikan soal. Pada tahap ini, soal disertai dengan umpan balik otomatis sehingga siswa dapat langsung mengetahui kebenaran jawabannya (Gambar 4). Adapun prinsip *multiple means of engagement* tercermin pada penggunaan fitur gamifikasi melalui Kahoot serta penyediaan ruang refleksi untuk menjaga motivasi dan keterlibatan siswa (Gambar 5). Integrasi UDL dengan PBL ini memperkuat terciptanya pembelajaran yang inklusif, interaktif, dan kontekstual. Hal ini sejalan dengan pendapat Yavusarzan [14] yang menekankan bahwa UDL dalam pembelajaran matematika tidak hanya berfokus pada hasil belajar, tetapi juga mendorong terbentuknya sikap positif siswa terhadap mata pelajaran yang kerap dianggap sulit.

"Siapa yang Lebih Cepat Sampai?"

Setiap pagi, Rina dan Dimas berangkat ke sekolah. Rina tinggal di Jalan Melati, sekitar 750 meter dari SMPN 1 Wonosari. Dimas tinggal di Jalan Kenanga, jaraknya 2 kilometer dari sekolah. Suatu hari, mereka berangkat pada waktu yang sama. Namun, Dimas sampai lebih dulu dari Rina.

Pertanyaannya

- Mengapa Dimas bisa sampai lebih dulu, padahal rumahnya lebih jauh?
- Apa yang memengaruhi waktu tempuh seseorang ke sekolah?
- Bagaimana cara membandingkan jarak dan waktu secara adil?

Nah, sebelum kita

Setiap pagi, Rina dan Dimas berangkat ke

Contoh Kasus

Sebuah tangki air dapat diisi dalam waktu 10 jam dengan kecepatan pengisian 8 liter per jam. Hitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tangki tersebut jika kecepatan pengisian diperbesar menjadi 12 liter per jam.

Penyelesaian

1. Diketahui:

Waktu awal = $a_1 = 10$ jam	3. Jawaban:
Kecepatan awal = $b_1 = 8$ liter/jam	$\frac{10}{x} = \frac{12}{8} \Rightarrow 10 \times 8 = 12 \times x$
Kecepatan baru = $b_2 = 12$ liter/jam	$\frac{80}{12} = \frac{20}{3} = 6,67$
Waktu baru = a_2	

2. Rumus:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_2}{b_1}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tangki dengan kecepatan 12 liter per jam adalah sekitar 6 jam 40 menit

Kurva

Grafik perbandingan senilai berupa garis lurus, menunjukkan peningkatan jarak secara linier sesuai waktu dan kecepatan mobil.

Waktu (jam)	Jarak (km)
4	10
8	20
12	30

Gambar 3. Integrasi *multiple means of representation* dalam modul



Gambar 4. Integrasi *multiple means of actions and expression* dalam modul



Gambar 5 Integrasi *multiple means of actions and expression* dalam modul

Produk yang dihasilkan selanjutnya divalidasi oleh empat orang dosen ahli, yang terdiri dari dua ahli materi dan dua ahli media dari Universitas Negeri Gorontalo. Hasil validasi menunjukkan e-modul memperoleh rata-rata nilai 86,75% yang termasuk dalam kategori Baik. Dengan demikian, hasil validasi para ahli menegaskan bahwa e-modul matematika dapat digunakan sebagai bahan ajar yang mendukung proses pembelajaran. Berdasarkan masukan, dilakukan revisi meliputi penambahan menu petunjuk penggunaan, penggantian gambar pemantik dengan ilustrasi sekolah, penyesuaian warna pada persamaan, pembesaran ukuran huruf, penempatan jawaban soal di bagian akhir, serta perbaikan *hyperlink*. Setelah revisi, dilakukan uji coba. Uji coba kelompok kecil dengan 10 siswa menghasilkan rata-rata 78% (praktis). Uji coba kelompok besar pada 28 siswa menghasilkan rata-rata 91% (sangat praktis). Selain itu, respon guru menunjukkan 95,38%. Secara keseluruhan, e-modul dinyatakan sangat praktis dengan nilai rata-rata 88%. Hasil validasi dan uji kepraktisan yang diperoleh dalam penelitian ini konsisten dengan berbagai temuan bahwa UDL dapat meningkatkan aksesibilitas, memperkuat partisipasi, serta memberikan ruang bagi siswa dengan karakteristik beragam untuk menunjukkan penguasaan konsep [30], [31],

[32]. Dalam konteks penelitian ini, fakta bahwa respons guru mencapai 95,38% semakin memperkuat temuan tersebut.

Selanjutnya tahap *disseminate* dilakukan melalui penyebaran terbatas di kelas VII SMP Negeri 1 Wonosari setelah produk dinyatakan layak dan praktis. Penyebaran ini bertujuan untuk mengenalkan produk kepada guru dan peserta didik serta memastikan e-modul dapat digunakan sesuai tujuan pembelajaran. Hasil penyebaran menunjukkan bahwa e-modul berpotensi untuk diimplementasikan lebih luas pada konteks pembelajaran matematika SMP.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, subjek penelitian hanya melibatkan satu sekolah dengan jumlah siswa terbatas, sehingga generalisasi temuan masih perlu diuji lebih lanjut. Kedua, materi yang dikembangkan hanya berfokus pada topik perbandingan, sehingga efektivitas e-modul berbasis PBL dengan integrasi UDL pada topik matematika lainnya masih perlu diteliti. Ketiga, meskipun validasi menunjukkan kategori “Baik”, beberapa aspek teknis seperti tampilan visual, navigasi, atau variasi interaktivitas masih dapat ditingkatkan untuk mencapai kategori “Sangat Baik”.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa e-modul matematika berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) yang diintegrasikan dengan prinsip *Universal Design for Learning* (UDL) pada materi perbandingan kelas VII SMP dinyatakan layak dan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran. Integrasi kedua pendekatan ini mampu menghadirkan proses belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan inklusif, sehingga dapat membantu siswa memahami konsep perbandingan dengan lebih baik.

Guru matematika dapat memanfaatkan e-modul ini sebagai alternatif bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran yang berpusat pada siswa dan mengaitkan materi dengan kehidupan nyata. Peneliti berikutnya disarankan mengembangkan e-modul serupa pada materi matematika lainnya dengan cakupan yang lebih luas, serta menyempurnakan aspek teknis seperti tampilan visual, navigasi, dan interaktivitas agar kualitas produk semakin optimal dan sesuai dengan kebutuhan belajar abad ke-21.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Gorontalo melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian ini melalui program Riset Akselerasi Publikasi Nasional (RAPN) Tahun Anggaran 2025. Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan Kontrak Nomor 562/UN47.D1/PT.01.03/2025..

Referensi

- [1] D. Mhlanga, “Digital transformation of education, the limitations and prospects of introducing the fourth industrial revolution asynchronous online learning in emerging markets,” *Discov. Educ.*, vol. 3, no. 1, 2024, doi: 10.1007/s44217-024-00115-9.
- [2] O. Gun and M. J. Bossé, “Synthesizing cognitive mathematics learning taxonomies,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 57, no. October 2024, 2025, doi:

- 10.1016/j.tsc.2025.101796.
- [3] A. Mukuka, "Data on mathematics teacher educators' proficiency and willingness to use technology: A structural equation modelling analysis," *Data Br.*, vol. 54, 2024, doi: 10.1016/j.dib.2024.110307.
- [4] D. E. Subroto, Supriandi, R. Wirawan, and A. Y. Rukmana, "Implementasi Teknologi dalam Pembelajaran di Era Digital: Tantangan dan Peluang bagi Dunia Pendidikan di Indonesia," *J. Pendidik. West Sci.*, vol. 1, no. 07, pp. 473–480, 2023, doi: 10.58812/jpdws.v1i07.542.
- [5] U. Umihani, M. Nurwahidin, P. Pujianti, and R. Riswandi, "Pengembangan Bahan Ajar Model Discovery Learning Menggunakan Media Digital di SMA N 1 Terbanggi Besar," *J. Teknol. Pendidik. J. Penelit. dan Pengemb. Pembelajaran*, vol. 8, no. 1, p. 164, 2023, doi: 10.33394/jtp.v8i1.6433.
- [6] I. Napui, B. R. Takaendengan, K. A. Y. Pauweni, J. Matematika, F. Matematika, and P. Alam, "Deskripsi Kemampuan Berpikir Analitis Siswa Dalam Pembelajaran Matematika Pada Materi Operasi Bilangan Pecahan," vol. 12, no. 2, pp. 251–260, 2023.
- [7] B. R. Takaendengan and B. Yanto, "Apa dan Bagaimana Mathematical Modelling Tasks?," in *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, Yogyakarta, 2017. [Online]. Available: <http://seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/sites/seminar.uny.ac.id/semnasmatematika/files/full/M-28.pdf>
- [8] B. R. Takaendengan, A. Asriadi, and W. Takaendengan, "Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Kalkulus Lanjut," *SEPREN J. Math. Educ. Appl.*, vol. 3, no. 2, pp. 67–75, 2022, doi: 10.51667/pjpk.v1i2.341.
- [9] M. Ramadani, H. Pujiastuti, M. Faturrohman, and S. Syamsuri, "Integrasi Teknologi Desmos dalam Pembelajaran Matematika: A Systematic Literature Review," *JIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 850–855, 2023, doi: 10.54371/jiip.v6i2.1340.
- [10] S. Amelia and A. Sthephani, "Analisis Keterampilan Mengajar Mahasiswa Calon Guru Matematika dalam Pemanfaatan Teknologi Pembelajaran," *J. Penelit. Pembelajaran Mat.*, vol. 15, no. 1, pp. 17–35, 2022.
- [11] L. S. Putri, Y. Setiani, and C. A. H. F. Santosa, "E-modul Matematika Berbasis Problem Based Learning bermuatan Pengetahuan Budaya Lokal untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah," *J. Educ.*, vol. 9, no. 2, pp. 880–890, 2023.
- [12] Anisah, K. Nani, T. W. Triutami, and S. Azmi, "PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING (PBL) TERHADAP HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA KELAS VIII SMP NEGERI 11 MATARAM TAHUN AJARAN 2024/2025," *J. Ilm. Pendidik. Dasar*, vol. 09, no. 4, 2025.
- [13] H. Mente and L. O. A. Jazuli, "Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas X SMA Negeri 9 Kendari," *Penelit. Pendidik. Mat.*, vol. 2, no. 2, pp. 37–54, 2014.
- [14] H. Yavuzarslan and A. Arslan, "USAGE OF UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING IN MATHEMATIC COURSE Abstract:," *Psycho-Educational Res. Rev.*, vol. 9, no. 3, pp. 26–39, 2020.
- [15] H. A. Dalimunthe, S. S. Dewi, and F. Faadhil, "Pelatihan Universal Design for Learning untuk Meningkatkan Efikasi Diri Guru Sekolah Menengah Pertama Islam Terpadu dalam Mengajar," *J. Divers.*, vol. 6, no. 1, pp. 133–142, 2020, doi: 10.31289/diversita.v6i1.3784.

- [16] J. R. Root, S. K. Cox, A. Saunders, and D. Gilley, *Applying the Universal Design for Learning Framework to Mathematics Instruction for Learners With Extensive Support Needs*, vol. 41, no. 4. 2020. doi: 10.1177/0741932519887235.
- [17] A. Mayer, D. . Rose, and D. Gordon, *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. Wakefield: CAST Professional Publishing, 2014.
- [18] T. . Hall, A. Mayer, and D. . Rose, *An Introduction to Universal Design for Learning: Questions and Answer s*. In T. E . Hall, A. Mayer, & D. H. Rose (Eds.) *Universal Design for Learning in the Classroom*. New York: Guilford, 2012.
- [19] L. Rismaini, D. Erdriani, and S. Dewimarni, "Pengembangan Handout Berorientasi Strategi Pembelajaran Snowball Throwing Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siawa Kelas IV SDN 19 Nan Sabaris," *J. Pendidik. Mat. Raflesia*, vol. 04, no. 02, pp. 136-144, 2019.
- [20] R. Wijayanti, B. Hasan, and R. K. Loganathan, "Media comic math berbasis whiteboard animation dalam pelajaran matematika," *J. Ris. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 53-63, 2018, doi: 10.21831/jrpm.v5i1.19207.
- [21] B. R. Takaendengan, A. R. Nuha, T. Damayanti, Asriadi, M. Janna, and F. Anggraini, "Advanced Differential E-Module: Integrating Case-Based and Visual Exploration," *J. Educ. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 632-640, 2024, doi: 10.23887/jet.v8i4.85781.
- [22] J. Schoenherr, A. R. Strohmaier, and S. Schukajlow, "Learning with visualizations helps: A meta-analysis of visualization interventions in mathematics education," *Educ. Res. Rev.*, vol. 45, no. September, p. 100639, 2024, doi: 10.1016/j.edurev.2024.100639.
- [23] N. I. Zuniari, S. Wahyuni, and Z. R. Ridlo, "to Improve Critical Thinking Skills in Junior High School Students," *Asian J. Sci. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 54-69, 2023.
- [24] I. T. Nurdin, H. D. Putra, and W. Hidayat, "The Development of Problem Based Learning Google Sites-Assisted Digital Teaching Materials to Improve Students' Mathematical Critical Thinking Ability," *J. Innov. Math. Learn.*, vol. 6, no. 4, pp. 280-293, 2023, doi: 10.22460/jiml.v6i4.18520.
- [25] M. G. Veytia Bucheli, J. Gómez-Galán, M. L. Cáceres Mesa, and L. López Catalán, "Digital technologies as enablers of universal design for learning: higher education students' perceptions in the context of SDG4," *Discov. Sustain.*, vol. 5, no. 1, 2024, doi: 10.1007/s43621-024-00699-0.
- [26] S. Saborío-Taylor and F. Rojas-Ramírez, "Universal design for learning and artificial intelligence in the digital era: Fostering inclusion and autonomous learning," *Int. J. Prof. Dev. Learn. Learn.*, vol. 6, no. 2, p. ep2408, 2024, doi: 10.30935/ijpdll/14694.
- [27] D. M. Anggraeni, B. K. Prahani, N. Suprpto, N. Shofiyah, and B. Jatmiko, "Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills," *Think. Ski. Creat.*, vol. 49, no. February, p. 101334, 2023, doi: 10.1016/j.tsc.2023.101334.
- [28] D. E. Pitorini, Suciati, and Harlita, "Using an E-Module Based on Problem-Based Learning Combined With Socratic Dialogue To Develop Students' Critical Thinking Skills: a Qualitative Study," *J. Educ. Online*, vol. 22, no. 1, pp. 52-65, 2025, doi: 10.9743/JEO.2025.22.1.18.
- [29] M. Nurwahid, "Urgensi dan Implementasi Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) dalam Pembelajaran Matematika," *Math. Educ. Appl. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 48-62, 2024.
- [30] A. J. Doyle, M. O'Toole, D. Cassidy, and C. M. Condrón, "Universal Design for

- Learning (UDL) in simulation-based health professions education," *Adv. Simul.*, vol. 10, no. 1, pp. 1-12, 2025, doi: 10.1186/s41077-025-00361-3.
- [31] M. Roski, R. Sebastian, R. Ewerth, A. Hoppe, and A. Nehring, "Learning analytics and the Universal Design for Learning (UDL): A clustering approach," *Comput. Educ.*, vol. 214, no. September 2023, p. 105028, 2024, doi: 10.1016/j.compedu.2024.105028.
- [32] J. R. Root, S. K. Cox, A. Saunders, and D. Gilley, "Applying the Universal Design for Learning Framework to Mathematics Instruction for Learners With Extensive Support Needs," *Remedial Spec. Educ.*, vol. 41, no. 4, pp. 194-206, 2020, doi: 10.1177/0741932519887235.