

PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF TEOREMA PYTHAGORAS BERBASIS *PROBLEM-BASED LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN LITERASI MATEMATIS SISWA

Nurwati Djam'an¹, Syahrullah Asyari², Andi Rahmat³
Universitas Negeri Makassar^{1,2,3}

Email: nurwati_djaman@unm.ac.id¹, syahrullah_math@unm.ac.id²,
andirahmat861@gmail.com³

Coessponding Author: Nurwati Djam'an email: nurwati_djaman@unm.ac.id

Abstrak. Rendahnya literasi matematis siswa serta keterbatasan bahan ajar interaktif yang mampu mengintegrasikan pendekatan Problem-Based Learning pada materi Teorema Pythagoras menjadi dasar pengembangan e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) yang bertujuan untuk menguji tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan literasi matematika siswa melalui penelitian Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *define, design, dan development*. Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 di SMP Negeri Kaburu No.35 Kabupaten Kepulauan Selayar dengan subjek penelitian siswa kelas VIII. Instrumen penelitian meliputi angket validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, serta tes literasi matematika siswa. Teknik analisis data yang digunakan meliputi analisis deskriptif, uji N-Gain, uji normalitas, dan uji hipotesis menggunakan One Sample T-Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria valid (skor rata-rata 3,75) yang menandakan kelayakan isi dan kesesuaian materi. Kepraktisan e-modul tergolong sangat baik (92,31%), yang menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan dan mendukung keterlaksanaan pembelajaran secara optimal. Efektivitas e-modul tercermin dari peningkatan kemampuan literasi matematika siswa dari kategori rendah (rata-rata pretest 38,33) menjadi lebih tinggi (posttest 74,99), dengan nilai N-Gain 0,6972 yang menunjukkan peningkatan pada tingkat sedang. Selain itu, hasil uji hipotesis ($\text{sig. } 0,000 < 0,05$) mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul secara signifikan meningkatkan literasi matematika siswa. Dengan demikian, e-modul Teorema Pythagoras berbasis *Problem Based Learning* yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan literasi matematika siswa. E-modul ini berpotensi untuk diimplementasikan secara lebih luas dan dikembangkan pada materi matematika lainnya guna meningkatkan literasi matematika siswa secara berkelanjutan.

Kata Kunci: E-modul, Problem Based Learning, Literasi Matematika, Teorema Pythagoras, Pengembangan Bahan Ajar.

Abstract. The low level of students' mathematical literacy and the limited availability of interactive teaching materials that integrate the Problem-Based Learning approach in the Pythagorean Theorem topic form the basis for developing a Problem-Based Learning (PBL)-based e-module aimed at examining its validity, practicality, and effectiveness in improving students' mathematical literacy through a Research and Development (R&D) study employing the 4D model (define, design, and development stages). The study was conducted in the odd semester of the 2024/2025 academic year at SMP Negeri Kaburu No.35, Kepulauan Selayar Regency, involving eighth-grade students. Research instruments included expert validation questionnaires, observation sheets for learning implementation, and students' mathematical literacy tests. Data analysis techniques comprised descriptive analysis, N-Gain test, normality test, and hypothesis testing using the One Sample T-Test. The results indicate that the developed e-module meets the validity criteria (mean score of 3.75), reflecting content appropriateness and material relevance. Its practicality is categorized as very good (92.31%), indicating ease of use and support for optimal learning implementation. The effectiveness is evidenced by the improvement in students' mathematical literacy from a low category (mean pretest score of 38.33) to a higher level (posttest score of 74.99), with an N-Gain of 0.6972, indicating a moderate level of improvement. Furthermore, the hypothesis test results ($\text{sig. } 0.000 < 0.05$) demonstrate that the use of the e-module significantly enhances students' mathematical literacy. Therefore, the PBL-based Pythagorean Theorem e-module is considered valid, practical, and effective in improving students' mathematical literacy. This e-module has the potential to be implemented more widely and further developed for other mathematics topics to support sustainable improvement in students' mathematical literacy.

Keywords: E-module, Problem-Based Learning, Mathematical Literacy, Pythagorean Theorem, Instructional Development.



A. Pendahuluan

Peningkatan kualitas pendidikan menjadi salah satu fokus utama dalam pengembangan sumber daya manusia di era global (Djam'an et al., 2023a). Namun demikian, berbagai laporan internasional menunjukkan bahwa kemampuan literasi matematika siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menggunakan konsep matematika untuk memecahkan masalah kontekstual masih berada di bawah rata-rata negara anggota OECD (OECD, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di sekolah belum sepenuhnya mampu mengembangkan kemampuan siswa dalam mengaplikasikan konsep matematika pada situasi kehidupan nyata.

Literasi matematika merujuk pada kemampuan individu untuk merumuskan, menggunakan, dan menafsirkan matematika dalam berbagai konteks, serta menggunakan penalaran matematis untuk memahami dan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Kemampuan ini mencakup penggunaan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika untuk menjelaskan fenomena, membuat prediksi, dan mengambil keputusan yang tepat dalam berbagai situasi nyata (OECD, 2023a; Kappassova et al., 2025). Dengan demikian, literasi matematika tidak hanya berkaitan dengan penguasaan prosedur matematika, tetapi juga kemampuan menerapkan pengetahuan matematika secara kontekstual dalam kehidupan sehari-hari dan sebagai dasar pengambilan keputusan yang rasional dalam masyarakat modern (OECD, 2023b). Pengembangan literasi matematika tidak hanya menekankan pada kemampuan prosedural, tetapi juga pada kemampuan berpikir kritis, pemodelan matematika, dan pengambilan keputusan berbasis data (Thornhill-Miller et al., 2023). Oleh karena itu, pembelajaran matematika perlu dirancang secara kontekstual dan berpusat pada aktivitas pemecahan masalah (Sappaile & Djam'an, 2017).

Salah satu model pembelajaran yang dapat mendukung pengembangan literasi matematika adalah *Problem-Based Learning* (PBL). Model ini menempatkan masalah sebagai titik awal pembelajaran sehingga mendorong siswa untuk melakukan investigasi, berdiskusi, dan mengembangkan strategi pemecahan masalah secara mandiri maupun kolaboratif. Penelitian menunjukkan bahwa PBL mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta kemampuan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran matematika (Yew & Goh, 2016; Dolmans et al., 2016).

Selain model pembelajaran yang tepat, penggunaan bahan ajar inovatif juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika. Perkembangan teknologi digital memungkinkan pengembangan e-modul interaktif yang dapat menyajikan materi secara lebih visual, fleksibel, dan menarik sehingga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam belajar (Hwang et al., 2020). Namun demikian, di banyak sekolah pembelajaran matematika masih menggunakan bahan ajar konvensional yang belum sepenuhnya mendukung pembelajaran berbasis masalah dan pengembangan literasi matematika siswa (Djam'an et al., 2023b).

Salah satu materi matematika yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan literasi matematika siswa adalah Teorema Pythagoras. Konsep ini tidak hanya merupakan salah satu konsep fundamental dalam geometri, tetapi juga memiliki keterkaitan yang kuat dengan berbagai situasi kontekstual dalam kehidupan sehari-hari, seperti pengukuran jarak, perencanaan konstruksi, navigasi, serta pemodelan masalah ruang dua dimensi. Karakteristik tersebut menjadikan Teorema Pythagoras relevan untuk dikaji melalui pendekatan pembelajaran berbasis masalah karena siswa dapat mengaitkan konsep matematika dengan situasi nyata serta mengembangkan kemampuan pemodelan matematis. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa topik geometri, termasuk Teorema Pythagoras, sering menjadi sumber kesulitan bagi siswa karena menuntut pemahaman konseptual dan kemampuan visualisasi spasial yang baik (Danlami et al., 2025; Medina-Herrera et al., 2024). Oleh karena



itu, pengembangan bahan ajar inovatif yang memadukan e-modul interaktif dan pendekatan Problem-Based Learning pada materi Teorema Pythagoras menjadi penting untuk membantu siswa memahami konsep secara lebih bermakna sekaligus meningkatkan kemampuan literasi matematis mereka.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan bahan ajar yang mampu mengintegrasikan pendekatan pembelajaran berbasis masalah dengan teknologi digital. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul interaktif pada materi Teorema Pythagoras berbasis *Problem-Based Learning* yang memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan literasi matematis siswa.

B. Metodologi Penelitian

1. Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian *Research & Development* (R & D). Penelitian pengembangan merupakan salah satu jenis penelitian yang dapat menjadi penghubung atau pemutus kesenjangan antara penelitian dasar dengan penelitian terapan. Penelitian R&D merupakan penelitian yang berorientasi untuk meneliti, merancang, memproduksi, menguji, validitas produk yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan peneliti adalah penelitian pengembangan 4D (Four D model) Thiagarajan (1974) yang telah dimodifikasi.

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025. Adapun tempat penelitian ini dilakukan di SMP Negeri Kaburu No.35 Kepulauan Selayar yang berlokasi di Desa Kaburu, Kecamatan Bontomanai, Kabupaten Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan.

3. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian pengembangan ini adalah peserta didik kelas VIII SMP Negeri Kaburu No.35 Kepulauan Selayar dengan rentang usia rata-rata 16–17 tahun. Pemilihan subjek dilakukan secara purposif melalui koordinasi antara peneliti, guru mitra, dan kepala sekolah. Kelas VIII dipilih berdasarkan hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa penggunaan modul pembelajaran yang belum optimal berdampak pada proses pembelajaran yang cenderung kaku dan kurang mendukung keterlibatan aktif siswa.

4. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket, lembar observasi dan lembar penilaian literasi matematika peserta didik. Angket bertujuan untuk mengukur tingkat validitas e-modul teorema pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan. Lembar observasi bertujuan untuk mengukur keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas belajar peserta didik selama kegiatan belajar mengajar berlangsung. Selain itu, lembar penilaian literasi matematika peserta didik bertujuan untuk mengetahui keefektifan e-modul teorema pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah yang telah digunakan.

5. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian dirumuskan untuk menguji apakah penerapan e-modul Teorema Pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah dapat meningkatkan literasi matematika siswa kelas VIII SMP Negeri Kaburu No.35 Kabupaten Kepulauan Selayar. Pengujian hipotesis ini dilakukan berdasarkan perbandingan hasil tes literasi matematika sebelum dan sesudah penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat peningkatan literasi matematika siswa kelas VIII SMPN Kaburu No.35 Kabupaten Kepulauan Selayar setelah penerapan e-modul teorema pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah.



H_1 : Terdapat peningkatan literasi matematika siswa kelas VIII SMPN Kaburu No.35 Kabupaten Kepulauan Selayar setelah penerapan e-modul teorema pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah.

6. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas e-modul Teorema Pythagoras berbasis *Problem-Based Learning* yang dikembangkan. Analisis validitas dilakukan berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media terhadap e-modul yang dikembangkan. Selanjutnya, analisis kepraktisan dilakukan melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas belajar peserta didik selama penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Sementara itu, analisis efektivitas dilakukan dengan menganalisis peningkatan kemampuan literasi matematika siswa melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* menggunakan uji N-Gain serta pengujian statistik. Adapun teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

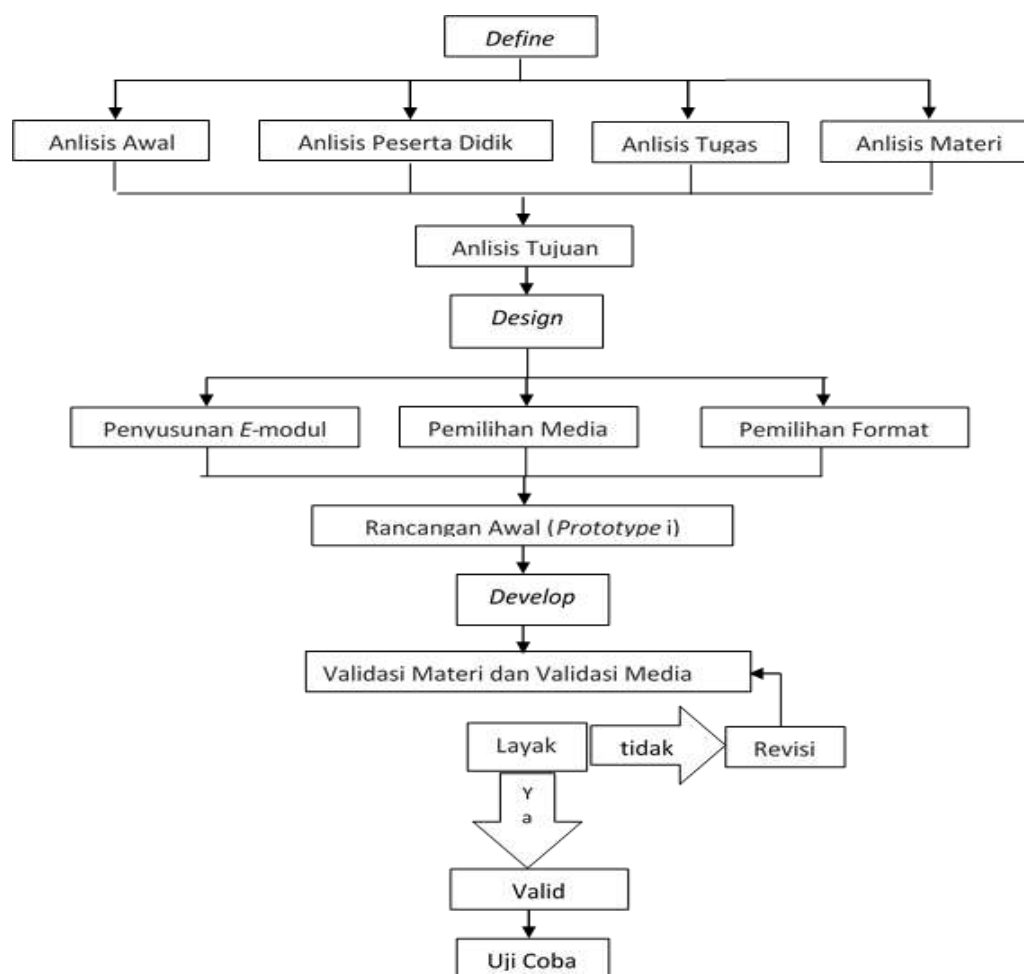
Tabel 1 Teknik Analisis Data dalam Penelitian

Kategori	Teknik Analisis	Instrumen	Tujuan Analisis
Validitas	Analisis validitas menggunakan skala Likert (4 tingkat)	Angket validasi ahli media dan ahli materi	Menilai tingkat kevalidan e-modul yang dikembangkan
Kepraktisan	Analisis keterlaksanaan menggunakan skala Guttman dan analisis aktivitas belajar menggunakan skala Likert	Lembar observasi guru dan aktivitas siswa	Menilai keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas belajar siswa saat menggunakan e-modul
Efektivitas	Analisis peningkatan hasil belajar menggunakan N-Gain, dilanjutkan dengan uji normalitas dan uji hipotesis (One Sample t-test)	Tes literasi matematika (pretest dan posttest)	Menilai peningkatan hasil belajar dan signifikansi peningkatan literasi matematika siswa

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Model pengembangan 4D dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alur Pengembangan E-Modul Teorema Pythagoras

Tahap pendefinisian (*define*) dilakukan melalui observasi dan diskusi dengan guru matematika serta peserta didik di SMP Negeri Kaburu No.35 Kepulauan Selayar untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan bahan ajar. Hasil analisis awal menunjukkan bahwa guru belum pernah menggunakan e-modul dan modul yang digunakan belum memenuhi kriteria modul yang baik, serta implementasi sintaks Problem-Based Learning (PBL) belum sepenuhnya terlaksana, terutama pada tahap pengorganisasian pembelajaran, investigasi mandiri dan kelompok, serta presentasi hasil pemecahan masalah. Analisis peserta didik menunjukkan bahwa siswa berusia 16–17 tahun telah berada pada tahap perkembangan kognitif yang memungkinkan mereka berpikir logis dan menarik kesimpulan secara sistematis. Selanjutnya dilakukan analisis materi, tugas, dan tujuan pembelajaran pada topik Teorema Pythagoras, yang mencakup pembuktian teorema, triple Pythagoras, serta jenis-jenis segitiga berdasarkan perbandingan sisi, sebagai dasar dalam merancang e-modul berbasis PBL yang mendukung pencapaian kompetensi dan peningkatan literasi matematis siswa.

Tahap perancangan (*design*) dan pengembangan (*develop*) bertujuan menghasilkan e-modul interaktif yang mengintegrasikan sintaks PBL dalam proses pembelajaran. Pada tahap desain dilakukan penyusunan instrumen penelitian, pemilihan media berbasis Flip PDF, serta penentuan format e-modul yang meliputi sampul, identitas modul, peta konsep, uraian materi, contoh soal, latihan, dan rangkuman. E-modul dirancang menggunakan aplikasi Canva dan Microsoft Word dengan struktur pembelajaran yang mengikuti lima fase PBL, yaitu orientasi masalah, pengorganisasian pembelajaran, investigasi mandiri dan kelompok, presentasi hasil, serta analisis dan evaluasi pemecahan masalah. Selanjutnya pada tahap pengembangan, e-modul divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk memastikan kelayakan isi, bahasa, dan tampilan. Setelah melalui proses revisi hingga dinyatakan valid, e-modul kemudian diuji coba



pada siswa kelas VIII untuk menilai efektivitasnya dalam meningkatkan literasi matematis melalui pembelajaran berbasis masalah.

Sebelum e-modul Teorema Pythagoras diujicobakan kepada peserta didik, terlebih dahulu dilakukan proses validasi untuk memastikan kelayakan produk yang dikembangkan. Validasi ini meliputi validasi materi oleh ahli materi dan validasi media oleh ahli media. Kedua validator tersebut merupakan dosen Matematika dari Universitas Negeri Makassar yang memiliki kompetensi dalam bidang pendidikan matematika dan pengembangan media pembelajaran. Hasil analisis penilaian ahli terhadap aspek materi e-modul disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Penilaian Ahli Terhadap Materi

Aspek	Analisis	Nilai Validator
Isi	$\sum_{i=1}^n x_i$	24
	n	7
	\bar{x}	3,42
	Kriteria	Valid
Kebahasaan	$\sum_{i=1}^n x_i$	12
	n	4
	\bar{x}	3
	Kriteria	Valid
Total	\bar{x}	3,27

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh skor rata-rata untuk setiap aspek penilaian, yaitu 3,42 pada aspek isi dan 3,00 pada aspek kebahasaan. Secara keseluruhan, rata-rata skor validasi e-modul Teorema Pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah dari segi materi adalah sebesar 3,27. Nilai tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan termasuk dalam kategori valid, karena berada pada rentang $3,26 < x \leq 4,00$.

Tabel 3 Hasil Analisis Penilaian Ahli Terhadap Materi

No	Aspek	Total Skor	Jumlah Item	Rata-rata
1	Tampilan	24	6	4
2	Penggunaan	12	3	4
3	Konsistensi	12	3	4
4	Kemanfaatan	20	5	4
5	Kegrafikaan	16	4	4
6	Keseluruhan	84	21	4

Hasil penilaian yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh aspek penilaian memperoleh skor rata-rata yang sama, yaitu 4 pada aspek tampilan media, penggunaan, konsistensi, kemanfaatan, dan kegrafikaan. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kualitas media e-modul yang dikembangkan dinilai sangat baik oleh validator. Secara keseluruhan, rata-rata skor validasi e-modul Teorema Pythagoras dari segi media mencapai 4,00. Nilai ini menempatkan e-modul pada kategori valid, karena berada dalam rentang kriteria kevalidan $3,26 < x \leq 4,00$. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap uji coba dalam proses pembelajaran.

Hasil dari produk e-modul yang dikembangkan dapat diakses pada link <https://heyzine.com/flip-book/53923facb4.html> atau melalui QR-Code berikut.





Keterlaksanaan pembelajaran merupakan salah satu indikator untuk menilai tingkat kepraktisan penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Pengamatan terhadap keterlaksanaan pembelajaran dilakukan selama tiga pertemuan dengan menggunakan lembar observasi yang telah divalidasi. Persentase keterlaksanaan pembelajaran pada setiap pertemuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Pertemuan	Persentase	Kategori
I	84,62%	Sangat Baik
II	92,31%	Sangat Baik
III	100%	Sangat Baik
Rata-rata	92,31%	Sangat Baik

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran mengalami peningkatan pada setiap pertemuan, yaitu sebesar 84,62% pada pertemuan pertama, 92,31% pada pertemuan kedua, dan mencapai 100% pada pertemuan ketiga. Rata-rata persentase keterlaksanaan pembelajaran sebesar 92,31% yang berada pada kategori sangat baik. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan e-modul Teorema Pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah dapat dilaksanakan dengan baik dalam proses pembelajaran. Selanjutnya, analisis mengenai kemampuan berpikir kritis siswa disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Analisis Statistik Kemampuan Literasi Matematika

Statistik	Pretest	Posttest
Banyak Subjek	20,00	20,00
Mean	38,332	74,99
Nilai KKM	72,00	72,00
Tuntas	0	17
Tidak Tuntas	20,00	3
Minimum	16,66	33,33
Maksimum	70,8	91,66

Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan e-modul interaktif Teorema Pythagoras berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) diikuti oleh peningkatan kemampuan literasi matematis siswa. Hal ini terlihat dari kenaikan nilai rata-rata dari 38,33 pada *pretest* menjadi 74,99 pada *posttest*, yang berarti skor akhir telah melampaui KKM 72. Dari aspek ketuntasan, tidak ada siswa yang tuntas pada *pretest*, sedangkan pada *posttest* sebanyak 17 dari 20 siswa telah mencapai ketuntasan dan hanya 3 siswa yang belum tuntas. Peningkatan juga tampak pada nilai minimum yang naik dari 16,66 menjadi 33,33 serta nilai maksimum dari 70,8 menjadi 91,66, yang menunjukkan bahwa perbaikan terjadi tidak hanya pada siswa berkemampuan tinggi tetapi juga pada siswa dengan kemampuan awal rendah. Secara deskriptif, temuan ini mengindikasikan bahwa e-modul yang dikembangkan berpotensi mendukung peningkatan literasi matematis siswa pada materi Teorema Pythagoras, meskipun tingkat peningkatannya perlu dikaji lebih lanjut melalui analisis N-gain dan uji inferensial.

Adapun deskripsi data N-Gain yang ditunjukkan pada Tabel 6.



Tabel 6. Deskripsi Data N-Gain

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ngain_Skor	20	.57	.86	.6972	.08488

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa nilai N-Gain dengan nilai tertinggi 0,86, nilai terendah 0,57, rata-rata (mean) sebesar 0,69, dan untuk standar deviasi adalah 0,08

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data N-Gain kemampuan literasi matematika siswa berdistribusi normal atau tidak. Pengujian ini merupakan salah satu prasyarat sebelum dilakukan analisis statistik lanjutan, khususnya uji hipotesis. Hasil pengujian normalitas data N-Gain literasi matematika siswa disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Prasyarat Analisis Data

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ngain_Skor	.124	20	.200*	.952	20	.396

Hasil pengujian normalitas pada Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,396 yang lebih besar dari taraf signifikansi 0,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data N-Gain kemampuan literasi matematika siswa berdistribusi normal, sehingga memenuhi asumsi untuk dilakukan pengujian hipotesis menggunakan analisis statistik parametrik. Selanjutnya, hasil uji hipotesis terhadap data N-Gain disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Uji Hipotesis Data N-Gain

Test Value = 0.03						
				95% Confidence Interval of the Difference		
	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Ngain Percent	36.717	19	.000	69.68535	65.7130	73.6577

Hasil uji hipotesis yang ditampilkan pada Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai signifikansi (p-value) sebesar 0,000 yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05. Temuan ini menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan literasi matematika siswa setelah penerapan e-modul Teorema Pythagoras yang relevan dengan model pembelajaran berbasis masalah. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul yang dikembangkan memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan literasi matematika siswa dalam proses pembelajaran.

D. Pembahasan

Model pengembangan 4D yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tahap *define*, *design*, dan *develop*. Pada tahap *define*, dilakukan observasi dan diskusi dengan guru matematika serta peserta didik di SMP Negeri Kaburu No.35 Kepulauan Selayar untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan bahan ajar. Hasil analisis awal menunjukkan bahwa guru belum pernah menggunakan e-modul dalam pembelajaran matematika, dan modul yang digunakan belum sepenuhnya memenuhi kriteria modul pembelajaran yang baik. Selain itu, implementasi sintaks *Problem-Based Learning* (PBL) belum sepenuhnya terlaksana, terutama pada tahap pengorganisasian pembelajaran, investigasi mandiri dan kelompok, serta presentasi hasil pemecahan masalah. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan bahan ajar yang mampu mendukung implementasi pembelajaran berbasis masalah secara lebih sistematis. Secara teoritis, PBL merupakan model pembelajaran yang menempatkan masalah kontekstual sebagai titik awal pembelajaran untuk mendorong siswa berpikir kritis dan memecahkan masalah secara mandiri maupun kolaboratif (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2015). Analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa siswa berusia 16–17 tahun telah berada pada tahap perkembangan kognitif yang memungkinkan mereka berpikir secara logis dan



sistematis (Pakpahan, 2020; Vázquez et al., 2024). Oleh karena itu, pembelajaran matematika pada tahap ini perlu dirancang secara kontekstual dan menantang agar mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Selanjutnya, dilakukan analisis materi, tugas, dan tujuan pembelajaran pada topik Teorema Pythagoras yang mencakup pembuktian teorema, triple Pythagoras, serta jenis-jenis segitiga berdasarkan perbandingan sisi. Analisis ini menjadi dasar dalam merancang e-modul berbasis PBL yang dapat mendukung peningkatan literasi matematis siswa.

Tahap *design* dan *develop* bertujuan menghasilkan e-modul interaktif yang mengintegrasikan sintaks PBL dalam proses pembelajaran. Pada tahap desain dilakukan penyusunan instrumen penelitian, pemilihan media berbasis Flip PDF, serta penentuan format e-modul yang meliputi sampul, identitas modul, peta konsep, uraian materi, contoh soal, latihan, dan rangkuman. E-modul dirancang menggunakan aplikasi Canva dan Microsoft Word dengan struktur pembelajaran yang mengikuti lima fase PBL, yaitu orientasi masalah, pengorganisasian pembelajaran, investigasi mandiri dan kelompok, presentasi hasil, serta analisis dan evaluasi pemecahan masalah. Integrasi teknologi digital dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan motivasi belajar dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif bagi siswa (Hwang et al., 2020; Sung et al., 2016).

Hasil validasi oleh ahli materi menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata sebesar 3,27 yang termasuk dalam kategori valid. Validitas dari aspek media bahkan memperoleh skor rata-rata sebesar 4,00 yang menunjukkan bahwa tampilan, konsistensi, dan kegrafikaan e-modul dinilai sangat baik oleh validator. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan sebagai bahan ajar digital yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran. Kepraktisan e-modul juga ditunjukkan melalui hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran yang mencapai rata-rata 92,31% dengan kategori sangat baik. Persentase ini menunjukkan bahwa e-modul dapat diimplementasikan secara efektif dalam proses pembelajaran di kelas. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis PBL mampu meningkatkan keterlibatan siswa serta aktivitas belajar dalam proses pembelajaran (Savery, 2015; Yew & Goh, 2016).

Efektivitas e-modul terlihat dari peningkatan hasil belajar siswa. Nilai rata-rata pretest sebesar 38,33 meningkat menjadi 74,99 pada posttest. Selain itu, nilai N-Gain sebesar 0,6972 menunjukkan bahwa peningkatan literasi matematika siswa berada pada kategori sedang hingga tinggi. Hasil uji hipotesis juga menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti terdapat peningkatan yang signifikan pada literasi matematika siswa setelah penerapan e-modul berbasis PBL. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah efektif dalam meningkatkan literasi matematika dan kemampuan pemecahan masalah siswa (OECD, 2019; Hmelo-Silver, 2004).

Secara konseptual, peningkatan literasi matematika tersebut dapat dijelaskan melalui dua mekanisme utama. Pertama, literasi matematika tidak hanya berkaitan dengan kemampuan komputasi, tetapi juga mencakup kemampuan merumuskan masalah, menggunakan konsep matematika, serta menafsirkan solusi dalam konteks nyata. Model PBL secara inheren melatih ketiga aspek tersebut melalui penyajian masalah kontekstual yang mendorong siswa untuk menganalisis informasi, menentukan strategi penyelesaian, dan menarik kesimpulan. Kedua, penggunaan e-modul berbasis digital memungkinkan siswa belajar secara lebih fleksibel dan mandiri. Pembelajaran digital mendukung prinsip *self-regulated learning*, di mana siswa dapat mengatur proses belajarnya sendiri sesuai kebutuhan (Zimmerman, 2002).

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat pandangan bahwa kombinasi pendekatan konstruktivistik melalui Problem-Based Learning dan penggunaan media pembelajaran digital mampu meningkatkan literasi matematika siswa. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan beberapa implikasi penting, yaitu: (1) guru dapat memanfaatkan e-modul sebagai



alternatif bahan ajar inovatif dalam pembelajaran matematika, (2) sekolah dapat mendorong digitalisasi pembelajaran berbasis kebutuhan siswa, dan (3) pengembangan bahan ajar serupa dapat diterapkan pada materi matematika lainnya.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah sampel yang relatif kecil (20 siswa), cakupan materi yang terbatas pada Teorema Pythagoras, serta belum dilaksanakannya tahap *disseminate* secara luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji e-modul pada sampel yang lebih besar, mengembangkan e-modul berbasis PBL pada materi matematika lainnya, serta mengintegrasikan fitur interaktif yang lebih kompleks seperti evaluasi otomatis atau simulasi dinamis.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa e-modul Teorema Pythagoras berbasis *Problem Based Learning* yang dikembangkan telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran matematika. Validitas e-modul ditunjukkan oleh hasil penilaian ahli materi dan ahli media yang berada pada kategori valid. Kepraktisan e-modul terlihat dari keterlaksanaan pembelajaran yang mencapai rata-rata 92,31% dengan kategori sangat baik, sehingga e-modul dapat diimplementasikan dengan baik dalam proses pembelajaran. Efektivitas e-modul ditunjukkan oleh peningkatan signifikan kemampuan literasi matematika siswa, yang terlihat dari peningkatan rata-rata nilai dari 38,33 pada pretest menjadi 74,99 pada posttest dengan nilai N-Gain sebesar 0,6972. Hasil uji hipotesis juga menunjukkan adanya peningkatan literasi matematika siswa yang signifikan setelah penggunaan e-modul berbasis *Problem Based Learning*. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan dapat menjadi alternatif bahan ajar digital yang inovatif untuk mendukung pembelajaran matematika serta meningkatkan literasi matematika siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Danlami, K. B., et al. (2025). Improving students' performance in geometry: An empirical evidence on the role of spatial reasoning and visualization. *Frontiers in Psychology*, 16, 1577912. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1577912>
- Djam'an, N., Mariana, N., & Simanjorang, M. M. (2023). Trends in mathematics education research in Indonesia. In B. Atweh, L. Fan, & C. P. Vistro-Yu (Eds.), *Asian research in mathematics education* (Mathematics education – An Asian perspective). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0643-7_8
- Djam'an, N., Asrawati, N., Sappaile, B. I., & Sidjara, S. (2023). Development of a model of creative thinking based on mathematical literacy. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 21(4), 273–279.
- Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: A review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087–1112.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hwang, G. J., Lai, C. L., & Wang, S. Y. (2020). Seamless flipped learning: A mobile



- technology-enhanced flipped classroom with effective learning strategies. *Journal of Computers in Education*, 7, 449–473.
- Kappassova, S., et al. (2025). Mathematical literacy and its influencing factors: A decade of research findings (2015–2024). *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), 1–18. <https://www.ejmste.com/article/mathematical-literacy-and-its-influencing-factors-a-decade-of-research-findings-2015-2024-16615>
- Medina-Herrera, L. M., et al. (2024). Enhancing mathematical education with spatial visualization tools: A systematic review of emerging technologies in mathematics learning. *Frontiers in Education*, 9, 1229126. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1229126>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results: What students know and can do*. OECD Publishing.
- OECD. (2023a). *PISA 2022 mathematics framework*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://pisa2022-maths.oecd.org>
- OECD. (2023b). *Mathematics literacy*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/mathematics-literacy.html>
- Pakpahan, F. H. (2020). Theory of cognitive development by Jean Piaget. *Journal of Applied Linguistics*, 2(2), 55–64. <https://doi.org/10.52622/joal.v2i2.79>
- Sappaile, B. I., & Djam'an, N. (2017). The influence of problem-solving methods on students' mathematics learning outcomes. *Global Journal of Engineering Education*, 19(3), 267–272.
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis. *Computers & Education*, 94, 252–275.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teacher of exceptional children*. Minnesota: Leader Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: Assessment, certification, and promotion of 21st-century skills. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54.
- Vázquez, S. M., Noriega-Biggio, M., & Difabio-de-Anglat, H. (2024). Formal operational performance: Epochal and sociocultural differences in the first level of secondary school students in Argentina. *European Journal of Psychology and Educational Research*, 7(3), 109–127. <https://doi.org/10.12973/ejper.7.3.109>
- Yew, E. H. J., & Goh, K. (2016). Problem-based learning: An overview of its process and impact on learning. *Health Professions Education*, 2(2), 75–79.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70.

