

Pengembangan e-Modul Berbasis Project Based Learning untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Matematika Siswa Kelas XI MAN Kota Pasuruan

Rindu Setia Lestari^{1*}, Wahyu Henky Irawan², Imam Sujarwo³
^{1,2,3}Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : rindusetia18@gmail.com

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 08 Agustus, 2026

Page: 3937-3947

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i8.3375>

Article History:

Received: Juni 11, 2026

Revised: Juli 10, 2026

Accepted: Agustus 18, 2026

Abstract : *This study was motivated by the absence of a Project Based Learning (PjBL) e-module for mathematics at MAN Kota Pasuruan. It aimed to develop a valid, practical, and effective PjBL e-module and assess its effectiveness for Year XI students. The study used Research and Development (R&D) with the ADDIE model, covering analysis, design, development, implementation, and evaluation. Participants were Year XI-C students. Data were collected through interviews, expert validation questionnaires, student response questionnaires, pre-tests, and post-tests, then analysed using validation percentages, responses, and n-gain tests. Results showed that the e-module met validity criteria, scoring 77% from design and technology experts, 80% from subject experts, and 70% from learning and language experts. Practicality was indicated by responses on appearance (77%), content (73%), and use (80%). Learning effectiveness increased from a pre-test score of 38.52 to 72.76 in the post-test, with a mean n-gain of 0.5184, or 51%, categorised as moderate. Thus, the PjBL e-module was valid, practical, and effective for supporting mathematics learning among Year XI students.*

Keywords : *E-Module, Project-Based Learning (Pjbl), ADDIE, Learning Effectiveness, Mathematics*

Abstrak : Studi ini dilatarbelakangi oleh belum tersedianya e-modul berbasis *Project Based Learning* (PjBL) pada pembelajaran matematika di MAN Kota Pasuruan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul berbasis PjBL yang valid, praktis, dan efektif serta mengetahui efektivitas penggunaannya dalam pembelajaran matematika siswa kelas XI. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi *analysis, design, development, implementation*, dan *evaluation*. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI-C MAN Kota Pasuruan. Data dikumpulkan melalui wawancara, angket validasi ahli, angket respons siswa, *pretest*, dan *posttest*, kemudian dianalisis menggunakan persentase validasi, respons siswa, dan uji *n-gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memenuhi kriteria valid dengan penilaian ahli desain dan teknologi sebesar 77%, ahli materi 80%, serta ahli pembelajaran dan bahasa 70%. Kepraktisan produk ditunjukkan oleh respons siswa pada aspek tampilan 77%, isi 73%, dan penggunaan 80%. Efektivitas pembelajaran meningkat dari rata-rata *pretest* 38,52 menjadi 72,76 pada *posttest*, dengan rata-rata *n-gain* 0,5184 atau 51% berkategori sedang. Dengan demikian, e-modul berbasis PjBL dinyatakan valid,

praktis, dan efektif untuk mendukung pembelajaran matematika siswa kelas XI.

Kata Kunci : e-Modul, Project Based Learning (PjBL), ADDIE, Efektivitas pembelajaran, Matematika.

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah membawa perubahan mendasar dalam penyelenggaraan pendidikan dan menuntut proses pembelajaran yang tidak lagi berorientasi semata-mata pada penyampaian informasi, tetapi juga pada pengembangan kemampuan peserta didik untuk belajar secara aktif, mandiri, kritis, kreatif, dan adaptif. Perubahan tersebut menempatkan teknologi sebagai salah satu unsur penting dalam penyediaan sumber belajar yang sesuai dengan karakteristik peserta didik pada era digital. Pada konteks pendidikan menengah di Indonesia, kompetensi lulusan juga diarahkan pada penguasaan pengetahuan dan keterampilan yang memungkinkan peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir, berkomunikasi, berkolaborasi, dan memecahkan masalah dalam berbagai konteks kehidupan (Kemdikdasmen, 2025). Oleh karena itu, pembelajaran membutuhkan inovasi sumber belajar yang mampu mengintegrasikan teknologi dengan pendekatan pembelajaran aktif sehingga peserta didik tidak hanya memperoleh pengetahuan secara prosedural, tetapi juga mampu mengonstruksi dan menerapkannya dalam situasi nyata.

Salah satu bentuk inovasi sumber belajar berbasis teknologi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah modul elektronik atau e-modul. E-modul merupakan bahan ajar digital yang dapat dirancang secara sistematis sehingga memungkinkan peserta didik mempelajari materi secara lebih mandiri. Pengembangan e-modul dapat mengintegrasikan teks, gambar, video, maupun berbagai bentuk aktivitas digital sehingga pengalaman belajar menjadi lebih interaktif dan tidak terbatas pada penyajian informasi secara linier. Sofyan *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pengembangan e-modul dapat mendukung proses belajar yang lebih mandiri dan memberikan pengalaman belajar berbasis media digital, sedangkan Okta Priantini dan Widiastuti (2021) menunjukkan bahwa penggunaan e-modul dapat mendukung efektivitas pembelajaran. Pemanfaatan media pembelajaran digital juga memberikan peluang untuk menyajikan materi secara lebih fleksibel dibandingkan bahan ajar konvensional (Wirasmita & Uska, 2017). Dalam pembelajaran matematika, karakteristik tersebut menjadi penting karena pembelajaran pada hakikatnya tidak hanya diarahkan pada penguasaan prosedur perhitungan, tetapi juga pada kemampuan peserta didik dalam mengonstruksi pengetahuan dan menggunakannya untuk menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari (Susanto, 2016).

Efektivitas e-modul berpotensi semakin kuat apabila diintegrasikan dengan *Project Based Learning* (PjBL), yaitu pendekatan pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat kegiatan belajar melalui proses penyelesaian masalah dan pengembangan proyek. PjBL memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat langsung dalam perencanaan, pelaksanaan, penyelesaian, dan penyajian suatu proyek sehingga pembelajaran tidak berhenti pada penguasaan konsep secara teoritis. Siswanto (2023) menegaskan bahwa PjBL merupakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan melibatkan mereka secara aktif dalam penyelesaian masalah. Karakteristik tersebut relevan dengan pembelajaran matematika karena berbagai konsep abstrak dapat dihubungkan dengan persoalan kontekstual melalui aktivitas proyek. Dengan demikian, integrasi e-modul dan PjBL berpotensi menyediakan panduan belajar yang sistematis sekaligus memberi ruang bagi peserta didik untuk menerapkan konsep matematika melalui pengalaman belajar yang konkret, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah.

Namun, kondisi pembelajaran matematika di MAN Kota Pasuruan menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran berbasis proyek dan ketersediaan sumber belajar yang mendukung pelaksanaannya. Berdasarkan analisis kebutuhan awal terhadap guru matematika, PjBL telah digunakan oleh sebagian guru, tetapi implementasinya belum berjalan optimal karena keterlibatan peserta didik masih terbatas dan belum tersedia bahan ajar yang secara khusus memandu tahapan pembelajaran berbasis proyek. Guru selama ini lebih banyak memanfaatkan e-LKPD, *PowerPoint*, dan aplikasi kuis sebagai media pendukung. Analisis kebutuhan terhadap

sepuluh siswa kelas XI juga menunjukkan bahwa tujuh siswa belum memahami tahapan PjBL secara utuh, sedangkan kendala yang muncul meliputi keterbatasan sumber belajar, kesulitan bekerja dalam kelompok, keterbatasan waktu, dan kesulitan menentukan ide proyek. Sebanyak delapan dari sepuluh siswa menyatakan setuju terhadap pengembangan e-modul yang secara khusus memuat tahapan PjBL. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa persoalan pembelajaran bukan sekadar penggunaan teknologi, tetapi ketiadaan sumber belajar digital yang dapat mengarahkan peserta didik menjalani proses PjBL secara sistematis dalam pembelajaran matematika. Temuan analisis kebutuhan dalam naskah juga menegaskan bahwa keterbatasan media atau modul menjadi salah satu hambatan utama implementasi PjBL di sekolah.

Alternatif solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah pengembangan e-modul berbasis PjBL yang mengintegrasikan materi matematika, tahapan proyek, aktivitas kontekstual, serta media digital ke dalam satu sumber belajar. E-modul dirancang agar peserta didik tidak hanya membaca materi, tetapi juga memperoleh panduan dalam menentukan permasalahan, merencanakan proyek, melakukan kegiatan penyelesaian masalah, menyusun hasil, mempresentasikan proyek, dan melakukan evaluasi. Materi fungsi trigonometri dipilih karena memiliki peluang yang luas untuk dikontekstualisasikan dalam permasalahan kehidupan sehari-hari, misalnya pengukuran tinggi objek atau penerapan perbandingan trigonometri pada kondisi nyata. Pengembangan produk juga memanfaatkan perangkat dan media digital seperti *flipbook*, video, serta aktivitas interaktif untuk memperkuat keterlibatan peserta didik. Dengan karakteristik tersebut, e-modul diharapkan dapat menjadi penghubung antara abstraksi konsep matematika dan penerapannya dalam pengalaman nyata sekaligus mendukung pembelajaran mandiri dan berpusat pada peserta didik. Desain produk dalam penelitian memang diarahkan untuk membantu siswa memahami materi, melaksanakan proyek secara sistematis, mengurangi miskonsepsi, serta meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran.

Ditinjau dari *state of the art*, penelitian mengenai bahan ajar digital dan pembelajaran berbasis masalah atau proyek telah berkembang dalam berbagai konteks. Sofyan et al. (2019) mengembangkan e-modul berbasis kearifan lokal dalam pembelajaran, sedangkan Okta Priantini dan Widiastuti (2021) mengkaji efektivitas penggunaan e-modul sebagai bahan pembelajaran. Pada konteks lain, Lusitania Herzegovina et al. (2023) mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* untuk meningkatkan pemahaman siswa pada pembelajaran tematik sekolah dasar. Sementara itu, Siswanto (2023) menerapkan *Project Based Learning* dengan media diorama untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sekolah dasar. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa e-modul maupun pembelajaran berbasis proyek memiliki potensi dalam mendukung pembelajaran aktif. Namun, berdasarkan rujukan yang digunakan dalam penelitian ini, kajian sebelumnya belum secara spesifik mengintegrasikan e-modul dengan sintaks PjBL sebagai panduan belajar matematika bagi siswa kelas XI pada materi fungsi trigonometri di lingkungan Madrasah Aliyah, sekaligus menguji produk dari aspek kevalidan, kepraktisan, dan efektivitasnya. Rujukan terdahulu dalam naskah memperlihatkan bahwa kajian e-modul berbasis pendekatan tertentu telah dilakukan pada jenjang dan bidang pembelajaran lain, sedangkan penerapan PjBL juga dikembangkan menggunakan media selain e-modul. Berdasarkan kesenjangan tersebut, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul matematika yang mengintegrasikan secara sistematis tahapan *Project Based Learning* dengan materi fungsi trigonometri dan aktivitas proyek kontekstual bagi siswa kelas XI MAN Kota Pasuruan. Produk tidak hanya dikembangkan sebagai bahan ajar digital, tetapi dirancang sebagai panduan pembelajaran yang mengarahkan peserta didik menjalani keseluruhan aktivitas proyek sekaligus menyediakan materi dan media pendukung secara terintegrasi. Selain itu, kualitas produk dievaluasi secara komprehensif melalui aspek kevalidan, kepraktisan, dan efektivitas pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan e-modul berbasis *Project Based Learning* yang valid dan praktis untuk mendukung efektivitas pembelajaran matematika siswa kelas XI MAN Kota Pasuruan; dan (2) mengetahui efektivitas penggunaan e-modul berbasis *Project Based Learning* dalam meningkatkan pembelajaran matematika siswa. Tujuan tersebut konsisten dengan arah penelitian pengembangan yang tercantum dalam naskah.

Penelitian ini penting dilakukan karena ketiadaan bahan ajar yang secara khusus mengintegrasikan teknologi dengan tahapan PjBL berpotensi menyebabkan pembelajaran berbasis proyek tidak berjalan sesuai karakteristiknya. Tanpa panduan yang sistematis, peserta didik dapat memandang PjBL hanya sebagai kegiatan bekerja dalam kelompok tanpa memahami tahapan perencanaan, pelaksanaan, penyelesaian, presentasi, dan evaluasi proyek. Bagi guru, keberadaan e-modul dapat menjadi sumber belajar pendukung untuk merancang pembelajaran matematika yang lebih terarah, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Bagi siswa, e-modul memberikan kesempatan untuk belajar lebih mandiri sekaligus menghubungkan konsep matematika dengan persoalan kehidupan nyata. Secara lebih luas, pengembangan ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap inovasi media pembelajaran matematika berbasis teknologi serta menjadi alternatif model pengembangan bahan ajar yang dapat diadaptasi pada materi atau konteks pendidikan lainnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk menghasilkan dan menguji e-modul berbasis *Project Based Learning* (PjBL) pada pembelajaran matematika kelas XI (Sugiyono, 2022). Pengembangan produk mengacu pada model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation, dan evaluation* (Misesani et al., 2020). Penelitian dilaksanakan di MAN Kota Pasuruan pada tahun pelajaran 2025/2026, dengan analisis kebutuhan pada Desember 2025 dan implementasi produk pada April 2026. Populasi sasaran penelitian adalah siswa kelas XI MAN Kota Pasuruan. Pada tahap analisis kebutuhan, subjek terdiri atas tiga guru matematika kelas XI dan sepuluh siswa kelas XI-A sampai XI-H. Validasi produk melibatkan tiga validator, yaitu ahli materi, ahli desain dan teknologi, serta ahli bahasa dan pembelajaran, dengan kualifikasi pendidikan minimal doktor pada bidang yang relevan. Uji lapangan dilakukan pada kelas XI-C yang pada awalnya terdiri atas 30 siswa, namun 25 siswa mengikuti seluruh rangkaian penelitian dan digunakan dalam analisis akhir. Prosedur pengembangan dimulai dengan identifikasi kebutuhan guru dan siswa, dilanjutkan dengan perancangan struktur, materi fungsi trigonometri, aktivitas proyek, dan instrumen evaluasi. Produk kemudian dikembangkan dan divalidasi oleh para ahli, direvisi berdasarkan hasil validasi, serta diimplementasikan selama enam pertemuan yang meliputi satu kali *pretest*, empat kali pembelajaran menggunakan e-modul berbasis PjBL, dan satu kali *posttest* serta pengisian angket respons siswa. Tahap evaluasi dilakukan secara formatif selama proses pengembangan dan secara sumatif setelah implementasi untuk menentukan kevalidan, kepraktisan, dan efektivitas produk.

Data dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur, angket validasi ahli, angket respons siswa, tes, dan dokumentasi. Wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan pembelajaran, pelaksanaan PjBL, karakteristik peserta didik, serta kendala penggunaan bahan ajar. Angket validasi menggunakan skala Likert untuk menilai aspek materi, desain dan teknologi, bahasa, serta pembelajaran (Zunaidah & Amin, 2016), sedangkan angket respons siswa digunakan untuk mengukur kepraktisan berdasarkan aspek tampilan, isi, dan penggunaan e-modul. Instrumen tes berupa lima soal uraian fungsi trigonometri diberikan dalam bentuk *pretest* dan *posttest* untuk mengukur perubahan hasil belajar, sedangkan dokumentasi digunakan untuk memperkuat data pelaksanaan penelitian. Data kualitatif berupa hasil wawancara, komentar, dan saran dianalisis secara deskriptif sebagai dasar revisi produk. Data kuantitatif dianalisis menggunakan persentase untuk menentukan kevalidan dan kepraktisan e-modul, dengan kriteria kevalidan mengacu pada Maharani et al. (2019). Efektivitas produk dianalisis berdasarkan perubahan skor *pretest* dan *posttest* menggunakan *normalized gain* (*n-gain*), dengan kategori tinggi apabila ($g \geq 0,7$), sedang apabila ($0,3 \leq g < 0,7$), dan rendah apabila ($g < 0,3$) (Hake, 1999). Dengan demikian, kelayakan e-modul ditentukan secara terpadu berdasarkan hasil validasi ahli, respons pengguna, dan peningkatan hasil pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kebutuhan

Tahap analisis dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi pelaksanaan Project Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran matematika serta kebutuhan guru dan siswa terhadap bahan ajar pendukung. Analisis kebutuhan guru melibatkan tiga guru matematika kelas XI MAN Kota Pasuruan. Dua guru menyatakan telah menerapkan PjBL, sedangkan satu guru belum pernah menerapkannya. Dua guru yang telah menggunakan PjBL menilai pelaksanaannya belum optimal. Kendala yang teridentifikasi meliputi keterbatasan waktu, perbedaan kemampuan siswa, serta keterbatasan bahan ajar atau media pendukung. Media digital yang digunakan sebelumnya meliputi e-LKPD/LKS, PowerPoint, dan Quizizz, tetapi belum tersedia e-modul yang secara khusus mengintegrasikan tahapan PjBL. Ketiga guru menyatakan bahwa e-modul yang dikembangkan diharapkan dapat membantu siswa memahami materi serta meningkatkan keterlibatan dan kemandirian belajar.

Analisis kebutuhan siswa dilakukan terhadap 10 siswa kelas XI. Delapan siswa menyatakan telah mengalami pembelajaran berbasis proyek, sedangkan dua siswa menyatakan belum atau hanya sesekali mengalaminya. Dari 10 siswa, hanya empat yang mampu menyebutkan tahapan PjBL, sedangkan enam lainnya belum mampu menjelaskan tahapan tersebut secara lengkap. Kendala yang disampaikan siswa meliputi keterbatasan sumber daya, kesulitan bekerja dalam kelompok, keterbatasan waktu, dan kesulitan menentukan ide proyek. Sebanyak lima siswa menilai PjBL menyenangkan, sementara lima lainnya menyatakan pembelajaran berbasis proyek akan lebih menyenangkan apabila dilaksanakan dengan panduan yang jelas. Sebanyak delapan dari sepuluh siswa menyatakan setuju terhadap pengembangan e-modul berbasis PjBL.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Analisis Kebutuhan

Aspek	Guru	Siswa
Pengalaman menggunakan PjBL	2 dari 3 guru telah menggunakan PjBL	8 dari 10 siswa pernah mengikuti PjBL
Pemahaman/pelaksanaan PjBL	Pelaksanaan dinilai belum optimal	4 dari 10 siswa mampu menyebutkan tahapan PjBL
Kendala utama	Waktu, perbedaan kemampuan siswa, keterbatasan media/modul	Sumber daya, kerja kelompok, waktu, dan penentuan ide proyek
Media yang tersedia	e-LKPD/LKS, <i>PowerPoint</i> , dan Quizizz	Belum tersedia e-modul PjBL yang terstruktur
Kebutuhan terhadap e-modul	Guru mengharapkan e-modul mendukung pemahaman, keterlibatan, dan kemandirian siswa	8 dari 10 siswa menyetujui pengembangan e-modul

Hasil Perancangan E-Modul

Tahap perancangan menghasilkan struktur awal e-modul berbasis PjBL dengan materi fungsi trigonometri. Produk dirancang sebagai bahan ajar digital yang memuat halaman sampul, kata pengantar, daftar isi, identitas modul, capaian dan tujuan pembelajaran, peta konsep, kegiatan pembelajaran, aktivitas proyek, rangkuman, evaluasi, dan glosarium. Kegiatan inti disusun menjadi empat kegiatan pembelajaran. Kegiatan pertama memuat perbandingan trigonometri, kegiatan kedua membahas sudut berelasi, kegiatan ketiga membahas identitas trigonometri, dan kegiatan keempat memuat fungsi trigonometri sekaligus pelaksanaan proyek. Setiap kegiatan dilengkapi materi, contoh soal, latihan, dan media pendukung, sedangkan kegiatan proyek mengarahkan siswa untuk menghasilkan representasi grafik fungsi trigonometri secara digital dan manual.

Sintaks PjBL ditempatkan secara terintegrasi dalam kegiatan inti, dimulai dari penyajian pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, pelaksanaan proyek, penyusunan hasil, hingga presentasi. Produk dikembangkan menggunakan beberapa perangkat digital, antara lain Microsoft Word, Canva, YouTube, *flipbook*, dan aktivitas interaktif. Hasil akhir tahap perancangan berupa prototipe e-modul yang selanjutnya diajukan untuk validasi ahli.

Hasil Validasi E-Modul

Validasi produk dilakukan oleh tiga validator yang mencakup bidang materi, bahasa dan pembelajaran, serta desain dan teknologi. Validasi materi menilai kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, isi matematika, contoh soal, tingkat keterpahaman materi, dan kesesuaian konten. Hasil validasi materi memperoleh persentase 80% dengan kategori valid. Validasi bahasa dan pembelajaran memperoleh persentase 71% dengan kategori valid, sedangkan validasi desain dan teknologi memperoleh persentase 77% dengan kategori valid. Seluruh hasil validasi menempatkan produk pada kategori layak digunakan dengan revisi ringan.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Validasi E-Modul

Aspek Validasi	Persentase	Kategori	Tindak Lanjut
Materi	80%	Valid	Revisi ringan
Bahasa dan pembelajaran	71%	Valid	Revisi ringan
Desain dan teknologi	77%	Valid	Revisi ringan

Revisi produk dilakukan berdasarkan masukan masing-masing validator. Pada aspek desain dan teknologi, revisi dilakukan terhadap judul, struktur tulisan, dan tampilan sampul. Pada aspek materi, perbaikan mencakup penegasan definisi, penambahan uraian konsep, serta penyempurnaan hubungan antarkonsep. Pada aspek bahasa dan pembelajaran, revisi dilakukan pada penyajian contoh soal, instruksi kegiatan, dan halaman proyek. Produk hasil revisi selanjutnya digunakan pada tahap implementasi.

Hasil Implementasi E-Modul Berbasis PjBL

Implementasi e-modul dilaksanakan pada kelas XI-C MAN Kota Pasuruan. Dari 30 siswa yang terdaftar di kelas, sebanyak 25 siswa mengikuti rangkaian penelitian secara lengkap dan dibagi menjadi lima kelompok. Implementasi dimulai dengan pretest, dilanjutkan pembelajaran menggunakan e-modul berbasis PjBL, pengerjaan proyek, presentasi hasil proyek, dan diakhiri dengan posttest serta pengisian angket respons siswa. Proyek yang dikerjakan berupa pembuatan dan perbandingan grafik fungsi trigonometri menggunakan GeoGebra dan gambar manual. Kelompok 1 menghasilkan grafik digital dan manual dengan kemiripan yang dilaporkan sebesar 90% serta mampu merumuskan cara cepat dalam menggambar grafik. Kelompok 2 dan 3 menghasilkan grafik dengan sedikit perbedaan antara hasil GeoGebra dan gambar manual, tetapi keduanya mampu menyusun kesimpulan mengenai cara menggambar grafik. Kelompok 4 memperlihatkan perbedaan hasil dan belum mampu merumuskan cara cepat sehingga menggunakan titik koordinat satu per satu. Kelompok 5 menghasilkan grafik digital dan manual yang sama, tetapi masih menggunakan titik koordinat satu per satu. Rata-rata nilai proyek seluruh kelompok adalah 90.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Proyek Siswa

Kelompok	Hasil Perbandingan Grafik	Hasil Penyelesaian Proyek
1	Grafik GeoGebra dan manual memiliki kemiripan 90%	Mampu merumuskan cara cepat menggambar grafik
2	Terdapat sedikit perbedaan pada grafik	Mampu merumuskan dan menyimpulkan cara menggambar grafik
3	Terdapat sedikit perbedaan pada grafik	Mampu merumuskan dan menyimpulkan cara menggambar grafik
4	Terdapat perbedaan dan sebagian grafik tidak tergambar	Menggunakan titik koordinat satu per satu
5	Grafik GeoGebra dan manual sama	Menggunakan titik koordinat satu per satu

Hasil Kepraktisan E-Modul

Kepraktisan e-modul diperoleh melalui angket respons yang diberikan kepada 25 siswa setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai. Instrumen terdiri atas 10 butir yang mencakup aspek tampilan, isi, dan penggunaan e-modul. Hasil penilaian menunjukkan aspek tampilan

memperoleh persentase 77%, isi e-modul sebesar 73%, dan penggunaan e-modul sebesar 80%. Ketiga aspek berada pada kategori praktis.

Tabel 4. Hasil Respons Siswa terhadap E-Modul

Aspek yang Dinilai	Persentase	Kategori
Tampilan e-modul	77%	Praktis
Isi e-modul	73%	Praktis
Penggunaan e-modul	80%	Praktis

Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain

Efektivitas penggunaan e-modul diukur berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* pada 25 siswa. Rata-rata nilai *pretest* adalah 38,52, sedangkan rata-rata nilai *posttest* mencapai 72,76. Dengan demikian, terdapat peningkatan rata-rata skor sebesar 34,24 poin setelah pembelajaran menggunakan e-modul berbasis PjBL. Analisis normalized gain menghasilkan rata-rata *n-gain* sebesar 0,5184 atau 51%, yang berada pada kategori sedang. Nilai *n-gain* individu tertinggi mencapai 0,86 dengan kategori tinggi.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain

Indikator	Hasil
Jumlah siswa	25
Rata-rata <i>pretest</i>	38,52
Rata-rata <i>posttest</i>	72,76
Peningkatan rata-rata skor	34,24
Rata-rata <i>n-gain</i>	0,5184
Persentase <i>n-gain</i>	51%
Kategori rata-rata <i>n-gain</i>	Sedang
<i>N-gain</i> tertinggi	0,86
Kategori <i>n-gain</i> tertinggi	Tinggi

Berdasarkan distribusi nilai *n-gain* individu, lima siswa berada pada kategori rendah, sembilan siswa berada pada kategori sedang, dan sebelas siswa berada pada kategori tinggi. Skor *n-gain* terendah adalah 0, sedangkan skor tertinggi adalah 0,86. Data tersebut berasal dari perbandingan skor *pretest* dan *posttest* masing-masing siswa setelah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran.

Hasil Evaluasi Produk

Evaluasi dilakukan secara formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilaksanakan melalui latihan pada setiap bagian pembelajaran dan digunakan dalam proses penyempurnaan materi, instruksi, tampilan, dan pelaksanaan kegiatan. Evaluasi sumatif dilakukan setelah seluruh rangkaian pembelajaran melalui *posttest* dan angket respons siswa. Berdasarkan hasil akhir pengembangan, produk memperoleh kategori valid pada ketiga aspek validasi, kategori praktis pada seluruh aspek respons pengguna, dan rata-rata *n-gain* sebesar 0,5184 pada kategori sedang. Produk akhir merupakan e-modul berbasis PjBL materi fungsi trigonometri yang telah melalui tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi.

Pembahasan

Kelayakan dan Kepraktisan E-Modul Berbasis PjBL

Paragraf pertama sebaiknya langsung membahas temuan utama mengenai kualitas produk, bukan mengulang proses pengembangannya. Tegaskan bahwa ketiga aspek validasi berada pada kategori valid, yaitu materi 80%, desain dan teknologi 77%, serta bahasa dan pembelajaran 71%. Selanjutnya, hubungkan hasil tersebut dengan respons pengguna yang menunjukkan aspek tampilan 77%, isi 73%, dan penggunaan 80%, seluruhnya berada pada kategori praktis. Fokus pembahasannya adalah bahwa e-modul telah mencapai dua prasyarat penting bahan ajar hasil pengembangan: kelayakan berdasarkan penilaian ahli dan keterpakaian berdasarkan pengalaman pengguna.

Paragraf kedua digunakan untuk membandingkan hasil tersebut dengan penelitian terdahulu. Salah satu pembanding kuat adalah Alim *et al.* (2025), yang mengembangkan e-modul STEM dan juga mengevaluasi produk melalui validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Penelitian tersebut memperoleh validitas dan kepraktisan yang tinggi serta menunjukkan bahwa e-modul yang terstruktur dapat mendukung aktivitas belajar siswa. Perbandingannya jangan berhenti pada "hasil penelitian ini sejalan dengan", tetapi perlu dijelaskan bahwa kedua penelitian sama-sama memperlihatkan pentingnya integrasi antara desain digital dan kerangka pedagogis, meskipun model pembelajaran, materi, jenjang pendidikan, serta konteks penggunaannya berbeda.

Paragraf ketiga membahas secara lebih mendalam mengapa e-modul penelitian ini dapat mencapai kategori valid dan praktis. Argumentasinya dapat diarahkan pada struktur produk yang tidak hanya menyajikan materi digital, tetapi mengintegrasikan pertanyaan mendasar, kegiatan belajar berjenjang, aktivitas proyek, media digital, evaluasi, dan presentasi hasil. Dalam literatur PjBL matematika, PjBL dipandang efektif ketika konsep matematika ditempatkan dalam aktivitas investigatif dan kontekstual, sementara siswa berperan aktif dalam penyelesaian masalah. Kajian Cruz *et al.* (2022) menunjukkan bahwa PjBL dapat mengintegrasikan konsep matematika dengan konteks yang lebih alami sekaligus memperkuat pembelajaran yang berpusat pada siswa. Dengan demikian, yang perlu ditekankan bukan sekadar bahwa "e-modul menarik", melainkan bahwa struktur digital berfungsi sebagai *instructional scaffolding* bagi sintaks PjBL.

Efektivitas E-Modul Berbasis PjBL terhadap Pembelajaran Matematika

Paragraf pertama bagian ini membahas temuan kuantitatif utama. Rata-rata skor meningkat dari 38,52 pada *pretest* menjadi 72,76 pada *posttest*, dengan rata-rata *n-gain* 0,5184 atau 51% pada kategori sedang. Selain itu, distribusi individu menunjukkan 11 siswa berada pada kategori *n-gain* tinggi, sembilan kategori sedang, dan lima kategori rendah. Pembahasannya sebaiknya tidak sekadar menyatakan "terjadi peningkatan", tetapi menjelaskan bahwa hasil tersebut menunjukkan perubahan kemampuan setelah siswa memperoleh pengalaman pembelajaran yang menggabungkan materi, aktivitas proyek, representasi matematika, dan teknologi.

Paragraf kedua membandingkan temuan ini dengan penelitian terdahulu yang mendukung hasil penelitian. Alenezi (2023), misalnya, menemukan bahwa penerapan PjBL melalui platform digital pada pembelajaran matematika sekolah menengah menghasilkan capaian matematika dan kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi daripada pembelajaran tradisional. Kajian Cruz *et al.* juga menemukan keterkaitan PjBL dengan pemahaman konsep matematika, keterlibatan siswa, dan penerapan konsep dalam konteks yang lebih autentik. Hasil penelitian Anda dapat ditempatkan dalam arus bukti tersebut, tetapi memiliki konteks spesifik berupa integrasi e-modul PjBL pada materi fungsi trigonometri siswa Madrasah Aliyah.

Paragraf ketiga justru sebaiknya menghadirkan penelitian yang tidak sepenuhnya sejalan, karena ini akan membuat pembahasan lebih kritis dan lebih bernilai akademik. Rijken *et al.* (2024) menemukan bahwa pembelajaran matematika berbasis proyek tidak otomatis menghasilkan capaian yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran tradisional. Dalam penelitian tersebut, sebagian siswa mengalami kesulitan karena karakter aktivitas proyek yang terbuka dan kurang terstruktur, termasuk tantangan kerja kelompok dan menghubungkan kegiatan proyek dengan konsep matematika. Temuan tersebut sangat berguna untuk membaca hasil penelitian Anda: potensi PjBL kemungkinan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan proyek, tetapi juga oleh seberapa jelas struktur, tahapan, panduan, materi, dan dukungan yang diberikan kepada siswa. Dalam penelitian ini, fungsi tersebut ditempatkan dalam e-modul. Ini merupakan argumen pembahasan yang jauh lebih kuat daripada sekadar menyatakan bahwa PjBL "efektif".

Paragraf keempat membahas hasil proyek lima kelompok. Data menunjukkan hasil yang tidak seragam: kelompok 1 mampu menghasilkan kemiripan grafik digital dan manual sebesar 90% serta merumuskan cara menggambar grafik, kelompok 2 dan 3 masih menunjukkan sedikit perbedaan tetapi mampu menarik kesimpulan, sedangkan kelompok 4 dan 5 masih menggunakan penentuan titik koordinat satu per satu. Di sini pembahasan dapat diarahkan pada perbedaan perkembangan representasi dan strategi matematis antarkelompok. Pemanfaatan GeoGebra dapat dibahas sebagai sarana visualisasi dan eksplorasi, bukan sebagai penyebab tunggal peningkatan hasil belajar. Penelitian terbaru dalam pendidikan matematika juga menunjukkan bahwa aktivitas berbantuan

GeoGebra dapat digunakan untuk mendukung eksplorasi matematika sekaligus memperlihatkan bahwa siswa masih dapat menghadapi tantangan ketika berinteraksi dengan materi dan perangkat digital.

Paragraf kelima mengintegrasikan seluruh hasil tersebut menjadi mekanisme penjelasan utama penelitian. Argumen yang disarankan adalah bahwa peningkatan pembelajaran tidak diposisikan sebagai akibat e-modul sebagai teknologi semata, ataupun PjBL secara terpisah, tetapi sebagai hasil dari kombinasi: struktur materi digital, tahapan PjBL, permasalahan kontekstual, visualisasi GeoGebra, aktivitas kolaboratif, dan evaluasi. Literatur menunjukkan bahwa PjBL matematika merupakan aktivitas yang berpusat pada siswa, berbasis investigasi, serta mengintegrasikan konsep matematika ke dalam penyelesaian proyek. Ini dapat menjadi inti kontribusi konseptual pembahasan Anda.

Bagian implikasi cukup dibuat dua paragraf. Paragraf pertama membahas implikasi pedagogis dan praktis. Temuan penelitian menunjukkan bahwa e-modul berbasis PjBL dapat menjadi perangkat pendukung bagi guru matematika untuk menstrukturkan pembelajaran proyek, terutama ketika sebelumnya guru dan siswa mengalami kesulitan karena tidak tersedia panduan proyek yang sistematis. Analisis kebutuhan dalam penelitian memang menunjukkan keterbatasan media sebagai salah satu kendala penerapan PjBL, sementara delapan dari sepuluh siswa menyetujui pengembangan e-modul. Implikasi yang paling relevan adalah bahwa teknologi pembelajaran sebaiknya tidak diposisikan sebagai pengganti guru, melainkan sebagai perangkat yang mengorganisasi pengalaman belajar dan memberikan *scaffolding* bagi siswa.

Paragraf kedua membahas implikasi teoretis dan pengembangan pembelajaran matematika. Penelitian ini memberikan bukti kontekstual bahwa integrasi bahan ajar digital dengan PjBL dapat digunakan untuk menghubungkan materi fungsi trigonometri yang bersifat abstrak dengan aktivitas representasi dan proyek yang lebih konkret. Implikasinya, pengembangan media digital matematika perlu bergerak dari sekadar digitalisasi buku menuju integrasi antara konten, aktivitas kognitif, teknologi, dan strategi pedagogis. Temuan ini relevan dengan literatur yang menunjukkan bahwa efektivitas PjBL bergantung pada rancangan lingkungan belajar, struktur aktivitas, dan dukungan yang tersedia bagi siswa.

Bagian ini sebaiknya ditulis dalam satu paragraf konstruktif, bukan dengan nada meminta maaf. Formulasi yang tepat kira-kira bergerak seperti ini: penelitian memberikan bukti awal yang terfokus pada satu konteks sekolah, satu tingkat kelas, dan satu materi matematika, sehingga penelitian berikutnya memiliki peluang untuk menguji konsistensi hasil pada karakteristik peserta didik dan topik matematika yang lebih beragam. Implementasi aktual melibatkan 25 siswa kelas XI-C. Selain itu, desain efektivitas penelitian menggunakan perubahan *pretest-posttest* dalam satu kelompok, sehingga penelitian lanjutan dapat memperkuat bukti melalui kelompok pembandingan, sampel lintas sekolah, dan periode implementasi yang lebih panjang. Hal tersebut bukan berarti hasil penelitian saat ini tidak bernilai, tetapi membatasi ruang inferensi kausal dan generalisasi, sehingga klaim artikel perlu tetap berada pada konteks pengembangan dan uji awal produk. Pendekatan seperti ini konsisten dengan penelitian PjBL lain yang juga menempatkan konteks sekolah, pengalaman guru, dan karakteristik siswa sebagai batas interpretasi hasil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul berbasis *Project Based Learning* (PjBL) pada materi fungsi trigonometri untuk siswa kelas XI MAN Kota Pasuruan yang dikembangkan melalui tahapan *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* (ADDIE). Sejalan dengan tujuan penelitian, e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif untuk mendukung pembelajaran matematika. Validitas produk ditunjukkan oleh penilaian ahli materi sebesar 80%, ahli desain dan teknologi sebesar 77%, serta ahli bahasa dan pembelajaran sebesar 71%, yang seluruhnya berada pada kategori valid. Kepraktisan produk ditunjukkan oleh respons siswa terhadap aspek tampilan sebesar 77%, isi sebesar 73%, dan penggunaan sebesar 80%, yang seluruhnya berkategori praktis. Penggunaan e-modul juga diikuti oleh peningkatan hasil belajar matematika, dengan rata-rata nilai *pretest* sebesar 38,52 meningkat menjadi 72,76 pada *posttest* dan rata-rata *n-gain* sebesar 0,5184 atau 51% pada kategori sedang. Temuan tersebut

menunjukkan bahwa integrasi e-modul dengan tahapan PjBL dapat menyediakan pembelajaran yang lebih terstruktur dan mendukung siswa dalam menghubungkan konsep fungsi trigonometri dengan aktivitas proyek kontekstual.

Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk menguji e-modul berbasis PjBL pada materi matematika, jenjang pendidikan, dan karakteristik peserta didik yang lebih beragam dengan melibatkan sampel yang lebih luas, kelompok pembanding, serta periode implementasi yang lebih panjang agar diperoleh bukti efektivitas dan generalisasi yang lebih kuat. Penelitian berikutnya juga dapat mengkaji pengaruh e-modul terhadap kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan kemandirian belajar. Bagi praktisi, khususnya guru matematika, e-modul berbasis PjBL dapat dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai bahan ajar pendamping untuk menstrukturkan kegiatan proyek dan menghubungkan konsep matematika dengan permasalahan kontekstual. Pada tingkat kebijakan, sekolah dan pemangku kepentingan pendidikan disarankan untuk memperkuat dukungan terhadap pengembangan bahan ajar digital berbasis pembelajaran aktif melalui penyediaan infrastruktur teknologi, peningkatan kompetensi digital guru, serta fasilitasi pengembangan dan pemanfaatan e-modul yang sesuai dengan karakteristik materi dan kebutuhan peserta didik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada MAN Kota Pasuruan yang telah memberikan izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian, serta kepada guru matematika, siswa kelas XI, dan para validator ahli yang telah berpartisipasi dalam proses pengembangan dan evaluasi e-modul berbasis *Project Based Learning*. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alenezi, A. (2023). Using project-based learning through the Madrasati platform for mathematics teaching in secondary schools. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 19(1), 1–15. doi: 10.4018/IJICTE.332372.
- Alim, J. A., Hermita, N., Putra, Z. H., & Oktaviani, C. (2025). Development of a STEM-based e-module using the MIKiR model on energy sources material to enhance students' critical thinking skills. *Frontiers in Education*, 10, 1635133. doi: 10.3389/educ.2025.1635133.
- Chytas, C., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. L. (2024). Computational thinking in secondary mathematics education with GeoGebra: Insights from an intervention in calculus lessons. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10, 228–259. doi: 10.1007/s40751-024-00141-0.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications.
- Cruz, S., Viseu, F., & Lencastre, J. A. (2022). Project-based learning methodology as a promoter of learning math concepts: A scoping review. *Frontiers in Education*, 7, 953390. doi: 10.3389/educ.2022.953390.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*.
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2025 tentang Standar Kompetensi Lulusan pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*. Kemdikdasmen.
- Lusitania Herzegovina, Laurensia M. Perangin-Angin, N. S., & Risma Sitohang, E. M. (2023). Pengembangan e-modul berbasis pendekatan problem based learning untuk meningkatkan pemahaman siswa pada pembelajaran tematik kelas V tema 9 subtema 3 SDN 107418 Bangun Sari Baru T.A. 2022/2023. *Journal of Student Development Information System (JoSDIS)*, 3, 82–91.
- Maharani, A., Rini, R., & Sugiman, S. (2019). Pengaruh penggunaan media interaktif animasi terhadap minat belajar matematika peserta didik. *Pedagogi: Jurnal Pendidikan Dasar*, 6(17).

- Misesani, D., Janggo, W. O., & Wuwur, M. S. N. (2020). Need analysis in ADDIE model to develop academic speaking materials. *Ethical Lingua: Journal of Language Teaching and Literature*, 7(2), 438–446. doi: 10.30605/25409190.226.
- Priantini, D. A. M. M. O., & Widiastuti, N. L. G. K. (2021). How effective is learning style material with e-modules during the COVID-19 pandemic? *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 5(2), 307–314. doi: 10.23887/jisd.v5i2.37687.
- Rijken, P. E., & Fraser, B. J. (2024). Effectiveness of project-based mathematics in first-year high school in terms of learning environment and student outcomes. *Learning Environments Research*, 27, 241–263. doi: 10.1007/s10984-023-09477-7.
- Siswanto, E. (2023). Pengembangan model project based learning tentang kenampakan alam dengan media diorama untuk peningkatan high order thinking skill (HOTS) siswa kelas 4 SDN Puntan 01 Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Taman Widya Humaniora*, 2(2), 751–774.
- Sofyan, H., Anggereini, E., & Saadiah, J. (2019). Development of e-modules based on local wisdom in central learning model at kindergartens in Jambi City. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1137–1143. doi: 10.12973/eu-jer.8.4.1139.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Susanto, A. (2016). *Teori belajar dan pembelajaran di sekolah dasar*. Kencana.
- Wirasasmita, R. H., & Uska, M. Z. (2017). Pengembangan media pembelajaran berbasis buku digital electronic publication (EPUB) menggunakan software Sigil pada mata kuliah pemrograman dasar. *EDUMATIC: Jurnal Pendidikan Informatika*, 1(1), 11–16.
- Zunaidah, F. N., & Amin, M. (2016). Development of teaching materials for biotechnology courses based on the needs and characters of students at the University of Nusantara PGRI Kediri. *Indonesian Journal of Biological Education*, 2(1), 19–30.