

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS APLIKASI *ANDROID* DENGAN INTEGRASI TEKNOLOGI *GOOGLE* DALAM KERANGKA KERJA TPACK

Jefta Payung Langi^{1*}, Tanwey Gerson Ratumanan², Henry Junus Wattimanela³

^{1, 2, 3}Program Studi Magister Pendidikan Matematika Pascasarjana, Universitas Pattimura
Jalan Dr. Tamaela, Kampus PGSD, Ambon, Indonesia

e-mail: ¹jeftapayunglngi@gmail.com

Submitted: August 06, 2025

Revised: September 11, 2025

Accepted: October 07, 2025

corresponding author*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* yang mengintegrasikan teknologi *Google* dalam kerangka *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) pada materi perbandingan trigonometri untuk siswa kelas X. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Produk yang dihasilkan berupa aplikasi *Android* Matematika Pedia yang memuat Modul Ajar (MA), Bahan Ajar (BA), dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa perangkat berada pada kategori valid, dengan skor MA 3,3, BA 3,4, dan LKPD 3,7. Pada tahap implementasi, perangkat menunjukkan tingkat kepraktisan yang tinggi, ditunjukkan oleh keterlaksanaan pembelajaran oleh guru sebesar 88,75% dan siswa 83,01%, serta respons positif guru 100% dan siswa 90,21%. Efektivitas perangkat juga terbukti melalui perbedaan signifikan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol *sig. (2-tailed) = 0,001 < α = 0,05*, dan nilai *N-Gain* yang lebih tinggi pada kelas eksperimen 0,58 dibandingkan kelas kontrol 0,36. Dengan demikian, perangkat pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

Kata Kunci: ADDIE, *Android*, *Google*, Perangkat Pembelajaran, TPACK.

DEVELOPMENT OF ANDROID-BASED MATHEMATICS INSTRUCTIONAL MATERIALS INTEGRATING GOOGLE TECHNOLOGIES WITHIN THE TPACK FRAMEWORK

Abstract

This study aims to develop and evaluate the feasibility of an Android-based mathematics instructional materials that integrates Google technologies within the *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) framework for teaching trigonometric ratios to Grade X students. The research employed a *Research and Development* (R&D) design using the ADDIE model (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). The final product is an Android application named Matematika Pedia, which includes a Teaching Module (TM), Learning Materials (TMats), and Student Worksheets (SW). Expert evaluations indicated that the tool met the validity criteria, with scores of 3.3 for TM, 3.4 for TMats, and 3.7 for SW. During implementation, the tool demonstrated a high level of practicality, as reflected in the learning implementation rates achieved by teachers 88.75% and students 83.01%, along with positive responses from both teachers 100% and students 90.21%. The tool also proved to be effective, as evidenced by a significant difference in learning outcomes between the experimental and control groups *sig. (2-tailed) = 0.001 < α = 0.05*, and higher *N-Gain* scores in the experimental class 0.58 compared to the control class 0.36. These findings indicate that the developed instructional materials meets the criteria of validity, practicality, and effectiveness.

Keywords: ADDIE, *Android*, *Google*, Instructional Materials, TPACK.



Copyright © Authors. This is an open access article distributed under the Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. Pendahuluan

Pembelajaran matematika di sekolah seringkali dihadapkan pada tantangan persepsi siswa yang menganggap mata pelajaran ini abstrak, rumit, dan menakutkan. Rendahnya minat dan sikap positif siswa terhadap matematika berakibat langsung pada kurangnya perhatian selama proses pembelajaran dan menurunnya semangat belajar (Buyung et al., 2022). Kondisi serupa ditemukan di SMK Negeri 1 Maluku Tengah. Rendahnya minat dan sikap siswa di sekolah tersebut disebabkan oleh proses pembelajaran yang masih didominasi metode ceramah dan buku teks sebagai sumber utama. Padahal, potensi untuk mengubah kondisi ini sebenarnya sangat terbuka lebar dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), yang dalam hal ini adalah *smartphone* yang hampir dimiliki oleh semua siswa. Menurut Hibatulloh et al., (2024), teknologi tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep-konsep matematika yang kompleks melalui visualisasi yang interaktif, tetapi juga meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam pembelajaran.

Di sisi lain, penggunaan perangkat *Android* oleh siswa dalam kesehariannya menyimpan potensi dampak negatif yang tidak dapat diabaikan. Sejumlah penelitian mengungkap bahwa tanpa bimbingan dan pengaturan yang tepat, teknologi justru dapat berdampak kontraproduktif bagi perkembangan siswa. Fauzia et al., (2023) menemukan bahwa kebiasaan siswa yang terlalu sering menggunakan media sosial dapat menyebabkan kecanduan, menghabiskan waktu berharga, dan mengurangi fokus pada kegiatan belajar. Penelitian lain oleh Subandi et al., (2022) juga menunjukkan bahwa dampak game *online* mencakup penurunan pemahaman siswa, merosotnya nilai akademik, rendahnya konsentrasi belajar, serta gangguan kesehatan fisik dan psikis. Oleh karena itu, Hakim & Yulia (2024) menegaskan bahwa penggunaan teknologi digital dalam bidang pendidikan perlu disertai dengan pengawasan, dan pengaturan yang tepat agar dampak negatif dapat diminimalkan dan dampak positif dapat dimaksimalkan.

Sebagai solusi, penelitian ini mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android*. Inovasi ini tidak sekadar memindahkan materi ke bentuk digital, tetapi menciptakan lingkungan belajar yang terintegrasi. Pengembangan ini dirancang dengan berlandaskan pada kerangka kerja TPACK. Kerangka TPACK dipilih karena menekankan pada integrasi yang bermakna dan seimbang antara

konten materi (matematika pada materi perbandingan trigonometri), pedagogi (strategi pembelajaran), dan teknologi (aplikasi *Android* & layanan *Google*), sehingga diharapkan dapat menciptakan pembelajaran yang efektif, kontekstual, dan sesuai dengan tuntutan abad ke-21 (Suyamto et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki dua tujuan utama. Pertama, untuk mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK pada materi perbandingan trigonometri. Kedua, untuk menguji kualitas perangkat yang dikembangkan tersebut dalam hal kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya. Produk yang dihasilkan, yaitu aplikasi "Matematika Pedia", diharapkan dapat menjadi bukti konsep bahwa *smartphone* dapat diubah dari sumber distraksi menjadi sarana pendukung pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi guru dalam mengimplementasikan pembelajaran digital yang bermutu.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Penelitian dilaksanakan di SMK Negeri 1 Maluku Tengah pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Sampel terdiri dari dua kelas, yaitu Kelas X ULP dan Kelas X AKL, yang dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan kesetaraan jumlah siswa, kemampuan awal, dan diajar oleh guru yang sama.

Pada tahap *Analysis*, dilakukan identifikasi masalah dan kebutuhan pembelajaran. Tahap *Design* meliputi perumusan CP dan TP, penyusunan perangkat pembelajaran, dan perancangan fitur aplikasi *Android* dalam kerangka TPACK. Tahap *Development* mencakup pembuatan aplikasi dan perangkat pembelajaran (Bahan Ajar, LKPD, Modul Ajar) yang kemudian melalui proses validasi ahli, uji keterbacaan, dan uji coba terbatas. Pada tahap *Implementation*, perangkat yang telah divalidasi diterapkan di kelas eksperimen selama empat pertemuan. Tahap *Evaluation* bertujuan untuk menilai kualitas perangkat pembelajaran.

Kualitas perangkat pembelajaran dianalisis dengan mengacu pada kriteria Nieveen (Ratumanan, 2021), yang meliputi aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan.

Analisis Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Kevalidan perangkat pembelajaran dianalisis dengan menghitung rerata skor validator menggunakan rumus Pattimukay (2009) sebagai berikut.

$$\bar{x}_v = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ dan } R_s = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_{vj}}{k} \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{x}_v = rata-rata skor per item validasi

x_i = skor dari validator ke- i

n = jumlah validator

R_s = rata-rata skor keseluruhan

\bar{x}_{vj} = rata-rata skor untuk item ke- j

k = jumlah item pernyataan

Kriteria kevalidan mengacu pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Rata-rata Skor	Klasifikasi
$1,00 \leq R_s < 1,50$	Tidak Baik
$1,50 \leq R_s < 2,50$	Kurang Baik
$2,50 \leq R_s < 3,50$	Baik
$3,50 \leq R_s \leq 4$	Sangat Baik

Kriteria kevalidan terpenuhi jika seluruh perangkat pembelajaran mencapai klasifikasi Baik.

Analisis Kepraktisan Perangkat Pembelajaran

Kepraktisan perangkat pembelajaran dianalisis melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran oleh guru dan siswa, dan respons mereka terhadap penggunaan perangkat pembelajaran.

a. Analisis Keterlaksanaan Pembelajaran Berdasarkan Aktivitas Guru dan Siswa

Persentase keterlaksanaan pembelajaran dihitung dengan rumus Djawa Jong (Pattimukay, 2009).

$$A_g = \frac{\sum_{i=1}^n a_{gi}}{T_g} \times 100\% \text{ dan } A_s = \frac{\sum_{i=1}^n a_{si}}{T_s} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A_g = persentase aktivitas guru

A_s = persentase aktivitas siswa

a_{gi} = skor keterlaksanaan aktivitas guru ke- i

a_{si} = skor keterlaksanaan aktivitas siswa ke- i

T_g = total aktivitas guru

T_s = total aktivitas siswa

Kriteria keterlaksanaan pembelajaran mengacu pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran

Tingkat Pencapaian (%)	Klasifikasi
$80 \leq A_{g/s} \leq 100$	Sangat Tinggi
$70 \leq A_{g/s} < 80$	Tinggi
$60 \leq A_{g/s} < 70$	Sedang
$50 \leq A_{g/s} < 60$	Rendah
$0 \leq A_{g/s} < 50$	Sangat Rendah

Keterlaksanaan pembelajaran dinyatakan memenuhi kriteria jika persentase aktivitas guru dan siswa mencapai siswa $\geq 70\%$.

b. Analisis Respons Guru dan Siswa

Respons guru dan siswa terhadap perangkat pembelajaran dianalisis dengan rumus Pattimukay (2009).

$$Pr_g = \frac{\sum_{i=1}^n r_{gi}}{T_a} \times 100\% \text{ dan } Pr_s = \frac{\sum_{i=1}^n r_{si}}{T_a} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Pr_g = persentase respons positif guru

Pr_s = persentase respons positif siswa

r_{gi} = respons positif guru pada aspek ke- i

r_{si} = respons positif siswa pada aspek ke- i

T_a = total aspek penilaian

Kriteria respons guru dan siswa mengacu pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kriteria Respon Positif

Tingkat Pencapaian (%)	Klasifikasi
$70 \leq Pr_{g/s} \leq 100$	Memenuhi
$Pr_{g/s} < 70$	Tidak Memenuhi

Respon guru dan siswa dikatakan positif jika persentase respons guru dan siswa $\geq 70\%$.

Analisis Keefektifan Perangkat Pembelajaran

Keefektifan perangkat pembelajaran dianalisis dengan menguji perbedaan signifikan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol, dan peningkatan pemahaman siswa di masing-masing kelas.

a. Analisis Statistik Inferensial

Pengujian hipotesis penelitian diuji menggunakan *Independent Samples t-test* pada taraf signifikansi 5% dengan bantuan *software*

IBM SPSS Statistics versi 27.0. Analisis didahului dengan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas menggunakan *Levene's Test*. Hipotesis yang diuji sebagai berikut:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (tidak terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol).

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol).

Kriteria Pengujian:

H_0 diterima jika $p - \text{value (sig.)} \geq 0,05$

H_0 ditolak jika $p - \text{value (sig.)} < 0,05$

b. Analisis N-Gain

Perhitungan nilai N-Gain dilakukan menggunakan rumus berikut.

$$g = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}} \quad (4)$$

Kategori peningkatan skor N-Gain mengacu pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kriteria Gain Ternormalisasi

Nilai N-Gain	Klasifikasi
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,00 < g < 0,30$	Rendah
$g = 0$	Tidak terjadi peningkatan
$-1,00 \leq g < 0$	Terjadi penurunan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Hasil penelitian dan pengembangan ini berupa perangkat pembelajaran matematika khususnya pada materi perbandingan trigonometri berbasis aplikasi *Android* dengan mengintegrasikan teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK. Prosedur pengembangan dalam penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE, dan kualitas perangkat pembelajaran yang dihasilkan dinilai berdasarkan kevalidan, kepraktisan dan keefektifan.

3.1.1. Hasil Pengembangan

3.1.1.1. Tahap Analisis (*Analysis*)

Berdasarkan hasil observasi lapangan serta wawancara dengan guru matematika di SMK Negeri 1 Maluku Tengah, ditemukan permasalahan mendasar berupa minimnya pemanfaatan media pembelajaran. Kondisi tersebut menyebabkan

proses pembelajaran berlangsung monoton dan belum mampu mengakomodasi variasi gaya belajar siswa, khususnya gaya belajar visual dan kinestetik. Pembelajaran masih didominasi metode ceramah sehingga siswa cenderung pasif, bahkan memperlihatkan indikasi kejenuhan melalui perilaku seperti menggambar atau berbicara sendiri di kelas. Di sisi lain, intensitas penggunaan *smartphone* yang tinggi di kalangan siswa tidak diarahkan untuk menunjang pembelajaran, melainkan lebih banyak digunakan untuk mengakses media sosial dan permainan daring. Guru pun menghadapi kendala dalam merancang perangkat pembelajaran berbasis teknologi yang relevan dengan kebutuhan kelas.

Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan pengembangan perangkat pembelajaran berbasis *Android* yang mampu memanfaatkan kebiasaan siswa menggunakan *smartphone*. Perangkat tersebut diharapkan menyediakan materi dalam bentuk video pembelajaran singkat dengan visualisasi yang menarik untuk membantu memahami konsep-konsep abstrak pada materi pembelajaran, dan contoh implementasi praktis yang mudah digunakan oleh guru. Selain itu, dibutuhkan perangkat siap pakai yang terintegrasi dengan layanan *Google* untuk mendukung kegiatan administrasi dan evaluasi pembelajaran secara lebih efektif.

Penelitian ini memfokuskan kajian pada materi perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku sesuai Kurikulum Merdeka Fase E untuk Kelas X SMK. Capaian pembelajaran yang dituju adalah kemampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan perbandingan trigonometri dan aplikasinya pada konteks segitiga siku-siku. Tujuan pembelajaran meliputi penguasaan jenis-jenis perbandingan trigonometri, penerapannya untuk menentukan panjang sisi atau besar sudut dalam segitiga siku-siku, dan kemampuan menyelesaikan masalah kontekstual, seperti menentukan tinggi objek, jarak, dan sudut elevasi.

3.1.1.2. Tahap Perancangan (*Design*)

Berdasarkan hasil tahap analisis, dirancang perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* yang terintegrasi dengan teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK. Perancangan ini terdiri atas Modul Ajar (MA) digital yang disusun sesuai Kurikulum Merdeka, Bahan Ajar (BA) berupa video pembelajaran berdurasi singkat, dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) digital. Seluruh komponen tersebut kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi *Android*. Aplikasi ini dirancang dengan alur

navigasi yang runtut, dimulai dari tampilan pembuka, halaman masuk, hingga halaman utama yang menghubungkan pengguna dengan *Google Site* untuk akses MA, *YouTube* untuk BA, dan *Google Form* untuk pengumpulan jawaban LKPD.

Seluruh rancangan ini disusun berdasarkan kerangka kerja TPACK dengan mengintegrasikan unsur konten berupa materi trigonometri, aspek pedagogi melalui pemilihan model dan pendekatan pembelajaran, serta aspek teknologi melalui pemanfaatan aplikasi *Android* dan layanan *Google*.

3.1.1.3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini, seluruh rancangan yang telah ditetapkan mulai diwujudkan menjadi sebuah produk pembelajaran yang siap digunakan. Proses pengembangan dilakukan melalui dua kegiatan utama, yaitu pembuatan aplikasi *Android* dan penyusunan perangkat pembelajaran yang terdiri atas MA, BA, dan LKPD) untuk selanjutnya diintegrasikan ke dalam aplikasi. Aplikasi *Android* yang dikembangkan dinamakan Matematika Pedia dan dibuat menggunakan *platform Kodular*. Pemilihan *platform* ini dipertimbangkan karena memungkinkan pengembangan aplikasi tanpa penulisan kode secara manual.

Aplikasi Matematika Pedia terdiri atas beberapa halaman yang saling terhubung. Halaman pertama yang muncul adalah *splash screen* yang menampilkan logo aplikasi disertai animasi pemuatan, dan memeriksa koneksi *internet* pada *smarthphone*, seperti terlihat pada Gambar 1.



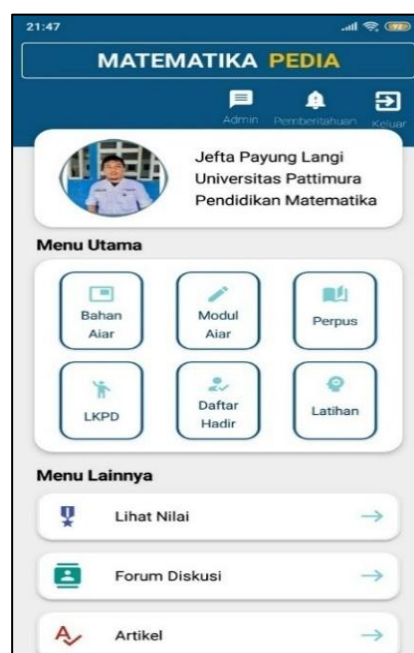
Gambar 1. *Splash Screen*

Setelah itu, pengguna diarahkan ke halaman login, seperti terlihat pada Gambar 2.



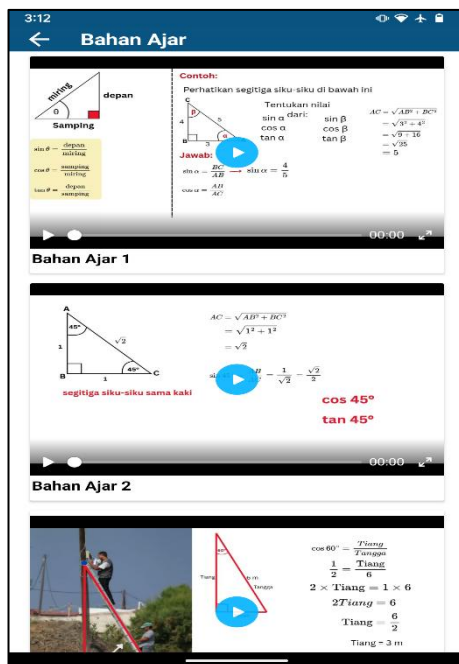
Gambar 2. Halaman *Login*

Untuk menjaga keamanan akses, aplikasi menerapkan sistem autentikasi dua langkah, yaitu pemindaian *barcode* pada kartu pengguna dan verifikasi kata sandi yang divalidasi secara langsung melalui *Google Spreadsheet*. Setelah proses *login* berhasil, pengguna memasuki halaman utama yang menjadi pusat navigasi seluruh fitur pembelajaran, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Halaman *Utama*

Perangkat pembelajaran dalam aplikasi dirancang dengan memanfaatkan layanan *Google*. Bahan Ajar disajikan melalui video pembelajaran yang terhubung langsung ke *YouTube* sehingga tidak memerlukan penyimpanan server tambahan, seperti terlihat pada Gambar 4.



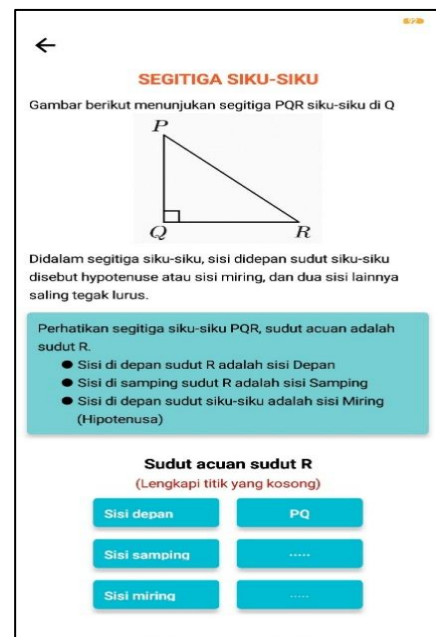
Gambar 4. Tampilan Bahan Ajar

Modul Ajar ditampilkan melalui *Webview* yang membuka halaman *Google Sites* di dalam aplikasi. Model ini memungkinkan pembaruan dilakukan secara *real-time* tanpa harus memperbarui aplikasi, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Modul Ajar

LKPD disusun dalam format digital dan jawaban siswa dikirim secara otomatis ke *Google Form*, sehingga hasil pekerjaan dapat direkap dan dianalisis oleh guru melalui *Google Spreadsheet*, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan LKPD

Setelah produk awal selesai dikembangkan, tahap berikutnya adalah melakukan validasi ahli, uji keterbacaan, dan uji coba skala kecil. Validasi ahli melibatkan seorang dosen Pendidikan Matematika, seorang guru matematika SMA, dan seorang guru matematika SMK untuk menilai kevalidan perangkat pembelajaran baik secara keseluruhan maupun pada komponen MA, BA, dan LKPD.

1) Hasil Penilaian Validator

Adapun penilaian umum validator terhadap perangkat pembelajaran yang dikembangkan, disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Penilaian Umum Validator Terhadap Perangkat Pembelajaran

No	Perangkat yang divalidasi	Validator			\bar{x}_v
		1	2	3	
1	MA	3,0	4,0	3,0	3,3
2	BA	3,0	3,0	4,0	3,3
3	LKPD	3,0	3,0	4,0	3,3
Rata-rata skor (R_s)					3,3

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh rata-rata skor penilaian MA, BA, LKPD, dan skor umum terhadap perangkat pembelajaran sebesar 3,3. Adapun hasil validasi MA oleh validator disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Validasi MA

Aspek	Validator			\bar{x}_v
	1	2	3	
Format	3,0	3,5	4,0	3,5
Isi	2,4	3,3	3,8	3,2
Bahasa	3,0	4,0	4,0	3,7
Rata-rata skor (R_c)				3,3

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh hasil validasi MA dengan skor rata-rata sebesar 3,3. Adapun hasil validasi BA oleh validator disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Validasi BA

Aspek	Validator			\bar{x}_v
	1	2	3	
Format	2,75	3,25	4,0	3,33
Isi	3,0	3,75	4,0	3,58
Bahasa	3,0	3,25	4,0	3,42
Rata-rata skor (R_s)				3,4

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh hasil validasi BA dengan skor rata-rata sebesar 3,4. Adapun hasil validasi LKPD oleh validator disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil Validasi LKPD

Aspek	Validator			\bar{x}_v
	1	2	3	
Format	3,0	4,0	4,0	3,7
Isi	3,0	4,0	4,0	3,7
Bahasa	3,0	4,0	4,0	3,7
Rata-rata skor (R_s)				3,7

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh hasil validasi LKPD dengan skor rata-rata sebesar 3,7.

2) Hasil Uji Keterbacaan

Hasil uji keterbacaan yang dilakukan terhadap satu orang guru dan tiga orang siswa menunjukkan bahwa seluruh komponen dalam perangkat pembelajaran, termasuk pemilihan kata, penyusunan kalimat, dan penggunaan istilah, dapat dipahami dengan baik. Berdasarkan hal ini, perangkat pembelajaran dinyatakan layak dan dapat digunakan untuk tahap uji coba skala kecil.

3) Hasil Uji Coba Pada Skala Kecil

Uji coba skala kecil dilaksanakan dengan melibatkan 5 orang siswa Kelas X SMK Negeri 1 Maluku Tengah. Hasil uji coba menunjukkan bahwa siswa dapat menggunakan aplikasi dengan baik tanpa mengalami kendala teknis. Perangkat pembelajaran dinilai mudah diakses, instruksi kegiatan mudah dipahami, dan fitur integrasi dengan *Google* berfungsi dengan baik.

3.1.1.4. Tahap Penerapan (*Implementation*)

Setelah tahap pengembangan dilaksanakan, tahap berikutnya adalah penerapan pada kelas eksperimen. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari tahap penerapan.

1) Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Berdasarkan Aktivitas Guru

Hasil observasi keterlaksanaan aktivitas guru dalam pembelajaran oleh observer selama empat kali pertemuan, disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Observasi Aktivitas Guru

Deskripsi Kegiatan	Pertemuan			
	I	II	III	IV
Awal	7	5	4	5
Inti	8	8	8	8
Penutup	3	3	3	2
A_g (%)	100	89	83	83
Rata-rata A_g (%)				88,75

Berdasarkan Tabel 9, diperoleh persentase aktivitas guru pada Pertemuan I sebesar 100%, Pertemuan II sebesar 89%, Pertemuan III sebesar 83%, Pertemuan ke IV sebesar 83%, dan rata rata persentase keterlaksanaan aktivitas guru sebesar 88.75%.

2) Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Berdasarkan Aktivitas Siswa

Hasil observasi keterlaksanaan aktivitas siswa dalam pembelajaran oleh tiga observer selama empat kali pertemuan, disajikan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Observasi Aktivitas Siswa

Pertemuan	Observer (%)			A_s (%)
	1	2	3	
I	77,65	92,16	94,12	87,97
II	80,00	81,37	84,31	81,90
III	87,06	82,35	88,24	85,88
IV	78,82	74,51	75,49	76,27
Rata-rata A_s (%)				83,01

Berdasarkan Tabel 10, diperoleh persentase aktivitas siswa pada Pertemuan I sebesar 87.97%, Pertemuan II sebesar 81.90%, Pertemuan III sebesar 85,88%, Pertemuan IV sebesar 76,27%, dan rata rata persentase aktivitas siswa secara keseluruhan sebesar 83.01%.

3) Hasil Respons Guru

Berdasarkan pengisian angket oleh seorang guru, diperoleh hasil respons guru yang disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Hasil Respons Guru

Aspek	Respons			
	SS	S	TS	STS
MA	2	1	0	0
BA	3	1	0	0
LKPD	2	1	0	0
Aplikasi Matematika	3	0	0	0
Pedia				
Pr_g (%)	69,23	30,77	0	0

Berdasarkan Tabel 11, diperoleh rata-rata persentase guru untuk kategori Sangat Setuju sebesar 69,23% dan kategori Setuju 30,77% sedangkan rata-rata persentase respons guru pada kategori Tidak Setuju dan Sangat Tidak Setuju adalah 0%.

4) Hasil Respons Siswa

Berdasarkan pengisian angket respons siswa, diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Hasil Respons Siswa

Aspek	Respons (%)			
	SS	S	TS	STS
MA	41,18	45,10	11,76	1,90
BA	39,22	43,14	17,65	0
LKPD	50,98	41,18	7,84	0
Aplikasi Matematika Pedia	35,29	64,71	0	0
Pr _s (%)	41,67	48,53	9,31	0,49

Berdasarkan Tabel 12, diperoleh rata-rata persentase siswa untuk kategori Sangat Setuju sebesar 41,67%, Setuju 48,54%, Tidak Setuju 9,31% dan Sangat Tidak Setuju 0,49%.

5) Hasil Belajar Siswa

Hasil belajar siswa diperoleh dengan memberikan tes kepada siswa setelah dilakukan 4 kali pertemuan. Pada penelitian ini proses pembelajaran dan tes dilakukan pada dua kelas yang berbeda, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Hasil Uji Normalitas

Kelas		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Hasil Tes	Eksperimen	0.954	17	0.519
	Kontrol	0.896	17	0.059

Berdasarkan Tabel 13, diperoleh untuk kelas eksperimen nilai *sig.* sebesar 0,519 dan pada kelas kontrol sebesar 0,059. Kedua nilai tersebut lebih besar daripada $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua kelas tersebut berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas untuk kedua kelas disajikan pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Hasil Uji Homogenitas

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Hasil Tes	Equal variances assumed	0.040	0.843	9.439	32	0.000
	Equal variances not assumed			9.439	31.949	0.000

Berdasarkan Tabel 14 diperoleh nilai *sig.* sebesar 0,843 lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Dengan demikian disimpulkan bahwa data kedua kelas tersebut homogen.

Uji Hipotesis

Berdasarkan Tabel 14, diperoleh bahwa nilai *sig. (2-tailed)* sebesar 0,001 lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis ditolak atau dengan kata lain terdapat perbedaan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Analisis N-Gain

Hasil analisis N-Gain disajikan pada Tabel 15 berikut.

Tabel 15. Hasil Analisa N-Gain

Jenis Kelas	Mean N-Gain	Kategori
Eksperimen	0,58	Sedang
Kontrol	0,36	Sedang

Berdasarkan Tabel 15, diperoleh rata-rata N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,58 yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,36 yang juga termasuk dalam kategori sedang. Meskipun kedua kelas berada dalam kategori yang sama, nilai N-Gain kelas eksperimen secara kuantitatif lebih tinggi 0,22 poin dibandingkan kelas kontrol.

3.1.1.5. Tahap Evaluasi (Evaluation)

Tahap evaluasi merupakan proses akhir dalam pengembangan perangkat pembelajaran yang bertujuan untuk menilai kualitas perangkat secara menyeluruh, baik dari aspek kevalidan, kepraktisan, maupun keefektifan. Evaluasi dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari tahap-tahap sebelumnya, yaitu hasil validasi ahli, uji keterbacaan, observasi keterlaksanaan pembelajaran, respons guru dan siswa, dan hasil tes belajar siswa.

Evaluasi kevalidan dilakukan melalui analisis terhadap penilaian para validator. Hasil validasi menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dinyatakan valid.

Evaluasi kepraktisan diperoleh melalui hasil observasi terhadap keterlaksanaan kegiatan pembelajaran oleh guru dan siswa selama proses penerapan berlangsung, serta dari respons guru dan siswa mengenai kemudahan penggunaan perangkat pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut, perangkat pembelajaran yang dikembangkan dinilai mudah digunakan dan sesuai dengan kondisi kelas, sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat tersebut memenuhi kriteria kepraktisan.

Evaluasi efektivitas dilakukan dengan menganalisis perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Analisis dilakukan berdasarkan data tes hasil belajar siswa untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan

secara statistik antara kedua kelas. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan perangkat pembelajaran berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar siswa, sehingga perangkat yang dikembangkan dapat dikategorikan efektif dalam mendukung proses pembelajaran.

3.1.2. Kualitas Perangkat Pembelajaran

Mengacu pada hasil penelitian serta analisis data yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, dapat dijabarkan kualitas perangkat pembelajaran yang mencakup aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Rincian hasil penilaian terhadap ketiga aspek tersebut disajikan pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Kualitas Perangkat Pembelajaran

Aspek	Kriteria		Capaian	Keterangan
Kevalidan	Rata-rata penilaian validator	$R_s \geq 2,50$	MA: 3,3 BA: 3,4 LKPD: 3,7 Penilaian Umum: 3,3	Valid
Kepraktisan	Respons guru Respons siswa Aktivitas guru Aktivitas siswa	$P_{rg} \geq 70\%$ $P_{rs} \geq 70\%$ $A_g \geq 70\%$ $A_s \geq 70\%$	Respon guru: 100% Respon siswa: 90,21% Aktivitas guru: 88,75% Aktivitas siswa: 83,01%	Praktis
Keefektifan	Uji- <i>t</i> N-Gain	$sig. (2 - tailed) < \alpha = 0,05$ $g \geq 0,30$	0,001 < 0,05 Kelas eksperimen: 0,58 Kelas kontrol: 0,36	Efektif
	Perbandingan N-Gain	$g \text{ Eksperimen} > g \text{ Kontrol}$	0,58 > 0,36	

3.2. Pembahasan

3.2.1. Pembahasan Prosedur Pengembangan

Dalam penelitian ini, perangkat pembelajaran berupa Modul Ajar (MA), Bahan Ajar (BA), dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam aplikasi *Android*. Model yang digunakan adalah model ADDIE.

3.2.1.1. Tahap Analisis

Pada tahap analisis, peneliti mengidentifikasi masalah, kebutuhan, dan kurikulum di SMK Negeri 1 Maluku Tengah. Observasi dan wawancara menunjukkan bahwa pembelajaran matematika masih berpusat pada guru dan mengandalkan buku teks sebagai sumber utama tanpa dukungan media pembelajaran yang beragam, sehingga menurunkan partisipasi dan minat belajar siswa. Temuan ini sejalan dengan Nurfathi & Wuriasih (2022) yang menyatakan bahwa ketiadaan media pembelajaran yang variatif dapat menimbulkan kesulitan mengajar, materi yang monoton, dan kebosanan siswa.

Di sisi lain, siswa intensif menggunakan *smartphone Android*, perangkat tersebut belum diarahkan untuk pembelajaran dan lebih banyak dimanfaatkan untuk bermain game serta media sosial, sebagaimana juga dilaporkan oleh Fathoni & Basri (2022). Kesenjangan antara kebiasaan penggunaan *smartphone* dan pemanfaatannya untuk belajar, ditambah dengan pernyataan guru bahwa *smartphone* belum pernah digunakan dalam pembelajaran matematika, menjadi dasar kuat bagi pengembangan perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android*. Selain itu, analisis kurikulum menghasilkan pemetaan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) Kurikulum Merdeka Fase E yang kemudian digunakan sebagai panduan dalam merancang materi untuk empat pertemuan.

3.2.1.2. Tahap Perancangan

Tahap Perancangan merupakan proses penyusunan produk pengembangan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, peneliti merancang perangkat

pembelajaran berbasis aplikasi *Android* yang mengintegrasikan teknologi *Google*. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan terdiri atas MA, BA, dan LKPD. Perangkat pembelajaran dirancang berdasarkan analisis kurikulum, kebutuhan peserta didik, dan karakteristik materi perbandingan trigonometri.

MA dikembangkan dengan mengacu pada kerangka kerja TPACK dan berfungsi sebagai panduan guru dalam mengelola kegiatan pembelajaran. BA disusun dalam bentuk video pembelajaran untuk memvisualisasikan konsep-konsep trigonometri dan meningkatkan motivasi belajar. Hal ini sejalan dengan pendapat Dwyer (Oktaviani, 2019) yang menyatakan bahwa video mampu merebut 94% saluran masuk informasi melalui mata dan telinga, serta membantu manusia mengingat 50% dari apa yang dilihat dan didengar. Adapun LKPD dirancang dalam format digital sebagai sarana aktivitas siswa dalam pembelajaran, dengan pengumpulan jawaban melalui *Google Form*. LKPD berfungsi mengubah pembelajaran dari berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa, sebagaimana dinyatakan oleh Raudoh (2023). Perencanaan ini sesuai dengan pandangan Mubarak (Nursyahida & Nurhaliza, 2024) bahwa perencanaan pembelajaran yang baik berpengaruh positif terhadap pelaksanaan kegiatan belajar sehingga tujuan dapat tercapai secara optimal.

Selain perangkat pembelajaran, aplikasi *Android* Matematika Pedia dikembangkan sebagai wadah integrasi seluruh komponen materi dan aktivitas belajar. Aplikasi ini terdiri atas beberapa halaman utama, yaitu *splash screen*, halaman *login*, halaman utama, serta menu navigasi menuju Modul Ajar, Bahan Ajar, dan LKPD. Setiap halaman dirancang agar mudah diakses dan mendukung integrasi layanan *Google*. Modul Ajar diakses melalui *Google Sites*, Bahan Ajar ditayangkan melalui video *YouTube* yang langsung tertaut dalam aplikasi, sedangkan LKPD dirancang dalam format digital dengan pengumpulan jawaban otomatis menggunakan *Google Form* yang kemudian direkap melalui *Google Spreadsheet*. Pemanfaatan layanan *Google* ini menjadikan aplikasi lebih praktis digunakan tanpa memerlukan server mandiri serta memungkinkan pembaruan materi dilakukan secara *real-time*.

3.2.1.3. Tahap Pengembangan

Pada tahap pengembangan, dilakukan proses validasi perangkat pembelajaran, uji keterbacaan, serta revisi berdasarkan masukan dari validator dengan tujuan untuk menghasilkan perangkat yang valid. Proses validasi dilakukan oleh para validator ahli dan validator praktisi yang

menilai kelayakan isi, format, dan bahasa pada setiap komponen perangkat pembelajaran, yaitu MA, BA, dan LKPD. Berdasarkan hasil penilaian, perangkat pembelajaran dinyatakan memenuhi kriteria valid dengan beberapa revisi yang disesuaikan dengan masukan dari validator. Setelah proses validasi dan revisi, dilaksanakan uji keterbacaan sebelum tahap implementasi. Uji keterbacaan melibatkan seorang guru matematika (yang juga merupakan validator) dan tiga orang siswa Kelas X SMK 1 Maluku Tengah yang diambil secara acak di luar sampel penelitian. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kejelasan instruksi dan kemudahan bahasa dari perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

Tahap selanjutnya yaitu pelaksanaan uji coba skala kecil yang melibatkan lima orang siswa Kelas X SMK Negeri 1 Maluku Tengah guna mengevaluasi keterlaksanaan, kemudahan penggunaan, serta kesesuaian alokasi waktu pada setiap kegiatan pembelajaran. Hasil uji coba ini menjadi dasar untuk memastikan bahwa perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* siap diterapkan pada tahap penerapan.

3.2.1.4. Tahap Penerapan

Tahap penerapan merupakan tahap keempat dalam model pengembangan ADDIE. Pada tahap ini, perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* yang telah melalui proses validasi dan revisi diterapkan dalam kegiatan pembelajaran yang sebenarnya. Tujuannya adalah untuk melihat bagaimana perangkat digunakan di kelas, seberapa praktis penerapannya, serta apakah perangkat tersebut efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Pelaksanaan penerapan dilakukan di dua kelas, yaitu Kelas X ULP sebagai kelas eksperimen dan Kelas X AKL sebagai kelas kontrol. Kedua kelas dipilih dengan mempertimbangkan kesetaraan kemampuan awal siswa. Pada kelas eksperimen, pembelajaran dilakukan dengan menggunakan perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* yang dikembangkan, sedangkan pada kelas kontrol, pembelajaran dilakukan dengan cara konvensional seperti biasanya. Materi yang diajarkan adalah perbandingan trigonometri, dan pembelajaran berlangsung selama empat kali pertemuan dengan durasi masing-masing 2×40 menit.

Selama pelaksanaan pembelajaran, dilakukan observasi untuk menilai keterlaksanaan kegiatan belajar mengajar dan kesesuaian antara pelaksanaan di lapangan dengan rancangan yang telah disusun dalam perangkat pembelajaran. Observasi ini melibatkan tiga orang observer yang

bertugas menilai sejauh mana perangkat dapat diimplementasikan dengan baik oleh guru dan direspons secara aktif oleh siswa. Selain observasi, dikumpulkan juga data mengenai respons guru dan siswa terhadap perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai dilaksanakan, tes hasil belajar diberikan kepada kedua kelas, yaitu Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.

3.2.1.5. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kualitas perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat yang dikembangkan memenuhi tiga aspek utama, yaitu kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Proses evaluasi dilaksanakan secara menyeluruh melalui dua pendekatan, yakni evaluasi formatif dan evaluasi sumatif, yang diterapkan pada setiap tahap pengembangan.

Pada evaluasi formatif, kegiatan difokuskan pada pengumpulan umpan balik selama proses pengembangan agar perangkat dapat disempurnakan sebelum digunakan dalam pembelajaran sesungguhnya. Validasi perangkat dilakukan oleh tiga orang ahli yang terdiri dari satu dosen Pendidikan Matematika, satu guru matematika SMA, dan satu guru matematika SMK. Ketiga validator tersebut menilai kelayakan isi, kebahasaan, dan kesesuaian format pada setiap komponen perangkat pembelajaran, yaitu MA, BA, dan LKPD. Setelah proses validasi, dilakukan revisi berdasarkan saran dan masukan dari validator. Selanjutnya, dilaksanakan uji keterbacaan dan uji coba skala kecil untuk memastikan bahwa perangkat mudah digunakan oleh guru dan siswa.

Evaluasi sumatif dilakukan untuk menilai kualitas perangkat dalam konteks pembelajaran nyata. Pada tahap ini, tiga observer melakukan observasi terhadap keterlaksanaan pembelajaran selama empat kali pertemuan di Kelas Eksperimen. Selain observasi, respons guru dan siswa dikumpulkan melalui angket untuk mengetahui tingkat kepraktisan perangkat. Untuk mengukur efektivitasnya, dilakukan tes hasil belajar pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelas, di mana Kelas Eksperimen memperoleh hasil belajar yang lebih tinggi.

3.2.2. Kevalidan, Kepraktisan, dan Keefektifan Perangkat Pembelajaran

Menurut Sugiyono (Maulidia & Hudaidah, 2023), penelitian pengembangan merupakan suatu langkah usaha untuk mengembangkan serta memvalidasi produk yang digunakan dalam pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses pengembangan perangkat pembelajaran, kriteria kevalidan tidak dapat dipisahkan. Perangkat pembelajaran yang baik harus memenuhi kriteria valid, yaitu memiliki isi yang sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan siswa, sistematika yang logis, penggunaan bahasa yang komunikatif, serta dapat diterapkan secara efektif dalam proses pembelajaran (Ibrahim et al., 2025). Perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* yang dikembangkan dalam penelitian ini telah melalui proses validasi oleh tiga orang validator yang terdiri atas ahli materi dan ahli media.

Kriteria kepraktisan perangkat pembelajaran ditentukan berdasarkan keterlaksanaan dalam pembelajaran yang harus mencapai $\geq 70\%$ dan respons yang harus mencapai $\geq 70\%$. Dari proses pembelajaran selama empat kali pertemuan, persentase aktivitas dan respons siswa maupun guru menunjukkan hasil lebih dari 70%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* yang dikembangkan praktis digunakan dalam pembelajaran di kelas.

Kriteria keefektifan perangkat pembelajaran dilihat dari hasil uji *t* terhadap hasil belajar siswa pada kelas eksperimen yang menggunakan perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* dan kelas kontrol yang tidak menggunakan perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android*. Berdasarkan hasil uji *independent t-test*, diperoleh nilai sig. (2-tailed) sebesar 0,001, yang jauh lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol pada materi perbandingan trigonometri. Perbedaan ini juga terlihat dari nilai *N-Gain*, di mana kelas eksperimen memperoleh 0,58, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya 0,36. Hasil ini menegaskan bahwa pembelajaran menggunakan perangkat berbasis *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini sejalan dengan pendapat Bito & Masaong (2023) yang menyatakan bahwa keberhasilan integrasi teknologi dapat dilihat dari bagaimana akses siswa terhadap berbagai perangkat teknologi membantu mereka

memecahkan masalah dan membangun pemahaman. Selain itu, penelitian Sari & Ratu (2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan *E-Modul* trigonometri berbasis *Android* efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar siswa melalui tampilan visual dan interaktif. Dengan demikian, pembelajaran berbasis *Android* lebih efektif dibandingkan metode konvensional yang cenderung pasif dan kurang menarik bagi peserta didik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Pengembangan perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK adalah valid, karena berdasarkan penilaian umum perangkat dan penilaian pada MA, BA, dan LKPD memenuhi kriteria kevalidan, yaitu $\geq 2,50$.
- Perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK yang dihasilkan adalah praktis. Hasil observasi menunjukkan bahwa keterlaksanaan aktivitas guru dan siswa masing-masing sebesar 88,75% dan 83,01% telah melampaui batas kriteria 70%. Sementara itu, hasil angket menunjukkan respon guru dan siswa masing-masing sebesar 100% dan 90,21% juga melampaui batas kriteria minimum 70%.
- Perangkat pembelajaran matematika berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK yang dihasilkan adalah efektif, karena nilai *sig.* (2-tailed) sebesar 0,001 lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$, dan nilai *N-Gain* kelas eksperimen sebesar 0,58 yang lebih tinggi dari kelas kontrol sebesar 0,36, di mana hasil belajar siswa dengan menggunakan perangkat pembelajaran berbasis aplikasi *Android* dengan integrasi teknologi *Google* dalam kerangka kerja TPACK lebih baik.

Daftar Pustaka

- Bito, N & Masaong, A. K. (2023). Peran Media Pembelajaran Matematika Sebagai Teknologi dan Solusi dalam Pendidikan di Era Digitalisasi dan *Disruption*. *JAMBURA: Journal of Mathematics Education*, 4(1): 88-97.
- Buyung., R. Wahyuni., & Mariyam. (2022). Faktor Penyebab Rendahnya Pemahaman Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika Di SD 14 Semperiuk A. *JERR: Journal of Education Review and Research*, 5(1): 46-51.
- Fathoni, R & Basri. H. (2022). Pemanfaatan *Handphone Android* Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Pada Siswa Kelas XI Sekolah Menengah Kejuruan Muhammadiyah 2 Gresik. *TAMADDUN: Jurnal Pendidikan dan Pemikiran Keagamaan*, 23(1): 39-52.
- Fauzia, S., Istiromah, A. N., Lestari, P., & Azizah, M. N. (2023). Dampak Penggunaan Media Sosial Terhadap Prestasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Belaindika: Pembelajaran dan Inovasi Pembelajaran*, 5(1): 21-27.
- Hakim, A. N., & Yulia, L. (2024). Dampak Teknologi Terhadap Pendidikan Saat Ini. *Pediaqu: Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 3(1). 145-163.
- Hibatulloh, R., Wangi, M. P. U. S., Pertama, I. N., Paizrujah, L., & Amini, A. (2024). Analisis Peran Teknologi dalam Perkembangan Pembelajaran Matematika di Era Digital. *Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, Volume 10: 659-644.
- Ibrahim, A. S., Yusuf, F. M., Husain, I. H., Mamu, H. D., & Katili, A. S. (2025). Validitas Perangkat Pembelajaran Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning Pada Materi Keanekaragaman Hayati. *JRPP: Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 8(2): 4263-4270.
- Maulidia, Y & Hudaidah. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Canva* Untuk Portal Rumah Belajar Pada Mata Pelajaran Sejarah di Kelas XI SMA Negeri 2 Palembang. *JJP: Jurnal Jendela Pendidikan*, 3(1): 59-65.
- Nurfathi, A & Wuriasih, K. P. (2022). Pentingnya Media Pembelajaran Untuk Minat Belajar Siswa Sekolah Dasar. Seminar Nasional Ilmu Pendidikan dan Multidisiplin, Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar FKIP Universitas Esa Unggul, 326-330.
- Nursyahida, S. F & Nurhaliza, S. (2024). Pentingnya Pemahaman Guru Tentang Perencanaan Pembelajaran. *Karimah Tahuid: Karya Ilmiah Mahasiswa Bertauhid*, 3(1): 5525-5533.
- Oktaviani, R.T. (2019). Pemanfaatan Video Sebagai Media Pembelajaran dalam Pendidikan dan Pelatihan (Diklat). *MADIKA: Media Informasi dan Komunikasi Diklat Kepustakawan*, 5(1): 91-94.
- Pattimukay, N. (2009). *Model Pembelajaran Kuantum Untuk Sub Materi Segitiga Di Kelas VII SMP Kristen Petra 2*. Tesis. Surabaya: Unesa.
- Ratumanan, T. G. (2021). *Pedoman Pengembangan Model Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta
- Raudoh, R. (2023). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPAS SMK Materi Makhluk Hidup dan Lingkungannya. *Bionatural: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 10(1): 116-122.
- Sari, A. A & Ratu, N. (2022). Pengembangan *E-Modul* Trigonometri (EMOTIGON) Berbasis *Android* untuk Siswa SMA Kelas X. *Jurnal Cendikia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6 (1): 586-600.

- Subandi, S.P., Iman, N., & Syam, A. R. (2022). Dampak Kecanduan *Game Online* Terhadap Pendidikan Anak. *ALP-KAMAL, Jurnal Kajian Islam*, 2(1): 243-262.
- Suyamto, J., Masyukri, M., & Sarwanto. (2020). Analisis Kemampuan TPACK (*Technological, Pedagogical, and Content Knowledge*) Guru biologi SMA Dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran Materi Sistem Peredaran Darah. *INKURI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(1): 44-53.