

**PENGEMBANGAN MULTIMEDIA INTERAKTIF PADA
PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS PROJEK
DENGAN PENDEKATAN STEM DALAM
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS SISWA**

(Tesis)

Oleh

**KENNY CANDRA PRADANA
NPM 2223021008**



**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGEMBANGAN MULTIMEDIA INTERAKTIF PADA
PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS PROJEK
DENGAN PENDEKATAN STEM DALAM
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS SISWA**

Oleh

KENNY CANDRA PRADANA

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA**

pada

**Program Studi Magister Pendidikan Matematika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MULTIMEDIA INTERAKTIF PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS PROJEK DENGAN PENDEKATAN STEM DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Oleh

KENNY CANDRA PRADANA

Penelitian ini bertujuan menghasilkan multimedia interaktif untuk pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Desain penelitian menggunakan model ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) dan dilaksanakan pada kelas VIII, semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 SMP Negeri 4 Bandar Lampung. Instrumen pengumpulan data meliputi wawancara, angket, lembar keterlaksanaan pembelajaran, dan tes kemampuan berpikir kritis. Analisis data menggunakan statistik deskriptif dan uji t-sampel independen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa multimedia interaktif yang dikembangkan memenuhi kriteria valid dan praktis. Kriteria validitas diperoleh dari penilaian ahli materi dengan skor 3,165 (valid) dan ahli media dengan skor 3,425 (sangat valid). Kriteria kepraktisan diperoleh dari penilaian respon siswa dengan skor 3,05 (praktis) dan respon guru dengan skor 3,47 (sangat praktis). Hasil uji hipotesis menunjukkan terdapat perbedaan efektifitas yang signifikan dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis antara kelas eksperimen yang menggunakan multimedia interaktif berbasis proyek dengan pendekatan STEM dan kelas kontrol yang tidak menggunakan multimedia tersebut. Uji proporsi menunjukkan bahwa lebih dari 60% siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang baik setelah diterapkan PjBL-STEM dengan menggunakan multimedia interaktif. Dengan demikian, multimedia interaktif untuk pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci : Kemampuan Berpikir Kritis; Multimedia Interaktif; PjBL; STEM

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE MULTIMEDIA IN PROJECT-BASED MATHEMATICS LEARNING USING THE STEM APPROACH TO ENHANCE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS

by

KENNY CANDRA PRADANA

This study aimed to produce interactive multimedia for project-based mathematics learning using the STEM approach, which was valid, practical, and effective in enhancing students' critical thinking skills. The research design employed the ADDIE model (Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation) and was conducted in the eighth grade during the odd semester of the 2024/2025 academic year at SMP Negeri 4 Bandar Lampung. Data collection instruments included interviews, questionnaires, learning implementation sheets, and critical thinking skills tests. Data analysis utilized descriptive statistics and an independent t-test. The study results showed that the developed interactive multimedia met the criteria of validity and practicality. The validity criteria were obtained from the material expert assessment with a score of 3.165 (valid) and the media expert assessment with a score of 3.425 (very valid). The practicality criteria were derived from students' responses with a score of 3.05 (practical) and teachers' responses with a score of 3.47 (very practical). Hypothesis testing revealed a significant difference in the effectiveness of improving critical thinking skills between the experimental class using project-based interactive multimedia with the STEM approach and the control class not using such multimedia. The proportion test revealed that more than 60% of students demonstrated good critical thinking skills after applying PjBL-STEM with interactive multimedia. Thus, the interactive multimedia for project-based mathematics learning using the STEM approach was valid, practical, and effective in improving students' critical thinking skills.

Keywords : Critical Thinking Skills; Interactive Multimedia; Project-Based Learning (PjBL); STEM

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN MULTIMEDIA
INTERAKTIF PADA PEMBELAJARAN
MATEMATIKA BERBASIS PROJEK
DENGAN PENDEKATAN STEM
DALAM MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
SISWA**

Nama Mahasiswa : **KENNY CANDRA PRADANA**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2223021008**
Program Studi : **Magister Pendidikan Matematika**
Jurusan : **Pendidikan MIPA**
Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



Dr. Sri Hastuti Noer, M.Pd.
NIP 19661118 199111 2 001

Pembimbing II



Prof. Dr. Sugeng Sutiarmo, M.Pd.
NIP 19690914 199403 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

**Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Matematika**



Dr. Caswita, M.Si.
NIP 19671004 199303 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Sri Hastuti Noer, M.Pd.**

Sekretaris : **Prof. Dr. Sugeng Sutiarto, M.Pd.**

Penguji Bukan : **Dr. Nurhanurawati, M.Pd.**

Pembimbing : **Dr. Agung Putra Wijaya, M.Pd.**

Plt. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Riswandi, M.Pd.
NIP 19760808 200912 1 001



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian: **13 Januari 2025**

PERNYATAAN TESIS MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : KENNY CANDRA PRADANA
Nomor Pokok Mahasiswa : 2223021008
Program Studi : Magister Pendidikan Matematika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil karya saya sendiri dan saya tidak melakukan plagiarisme atau penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara yang bertentangan dengan norma yang berlaku di masyarakat. Hak intelektual atas karya saya serahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung. Atas pernyataan ini apabila di kemudian hari adanya ketidakbenaran, saya bertanggung jawab atas akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, Januari 2025

Yang menyatakan,



KENNY CANDRA PRADANA

NPM 2223021008

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Kenny Candra Pradana, lahir di Kalianda, pada 22 September 1999. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari Ayahanda Khoirulloh dan Ibunda Eni Herlina. Penulis mengawali pendidikan formal di Taman Kanak-kanak di Aisyiyah Bustanul Athfal Kecamatan Kalianda dan lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan di SD Negeri 1 Kecapi dan lulus pada tahun 2011. Setelah itu, penulis melanjutkan Sekolah di SMP Negeri 1 Kalianda, yang dimulai tahun 2011 dan lulus pada tahun 2014. Kemudian, penulis juga melanjutkan SMA Negeri 1 Kalianda yang dimulai tahun 2014 sampai tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung dan lulus pada tahun 2021. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Pascasarjana Universitas Lampung pada Jurusan Pendidikan MIPA, Program Studi Magister Pendidikan Matematika pada tahun 2022.

MOTTO

وَتِلْكَ الْأَمْثَلُ نَضْرِبُهَا لِلنَّاسِ ۗ وَمَا يَعْقِلُهَا إِلَّا الْعَالِمُونَ

“Dan perumpamaan-perumpamaan ini Kami buat untuk manusia; dan tiada yang memahaminya kecuali orang-orang yang berilmu.”

(Q.S. Al-Ankabut: 43)

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa syukur, saya ucapkan *Alhamdulillah* kepada Allah SWT, karena berkat-Nya saya mampu menyelesaikan penyusunan karya tesis ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat teriring salam semoga selalu tercurah kepada Uswatun Hasanah Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wassalam

Ku persembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayangku kepada: Kedua orang tuaku tercinta, Ayahanda Khoirulloh dan Ibunda Eni Herlina yang tak kenal lelah dalam membesarkan, mendidik, menyayangi, dan selalu mengiringi jalanku dengan doa, semangat, motivasi, nasihat, cinta dan kasih sayangnya untuk kebahagiaan dan keberhasilanku.

Kedua saudara perempuanku, Kartika Tiara Putri dan Assyifa Khorunisa yang senantiasa memberikan keceriaan, canda tawa, kasih sayang, dan dukungannya kepadaku.

Wanita yang selalu ada bersamaku, Anisa Rohani. Terima kasih telah hadir menemani, dan memberikan motivasi dalam setiap langkah perjalananku.

Tidak lupa, ku ucapkan terima kasih kepada kawan seperjuangan keluarga besar Magister Pendidikan Matematika Angkatan 2022.

Terima kasih untuk Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Bismillahirrohmanirrohiim,

Alhamdulillahirabbil'amin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini. Sholawat teriring salam semoga selalu tercurah atas manusia yang akhlaknya paling mulia, uswatun hasanah, yaitu Rasulullah Muhammad SAW.

Tesis yang berjudul “Pengembangan Multimedia Interaktif pada Pembelajaran Matematika Berbasis Projek dengan Pendekatan STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa” disusun guna memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan saran yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Sri Hastuti Noer, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing I, atas kesediaan Ibu meluangkan waktu, perhatian, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Sugeng Sutiarmo, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan sumbangan pemikiran, masukan, kritik, dan saran demi terselesaikannya penyusunan tesis ini.
3. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Dosen Pembahas I sekaligus Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memberikan masukan, saran-saran dan telah memberikan kemudahan selama menyelesaikan penyusunan tesis ini.

4. Bapak Dr. Agung Putra Wjiaya, M.Pd., selaku dosen pembahas II sekaligus validator ahli materi dan media yang telah memberikan masukan, saran-saran dan telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini.
5. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Matematika, yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini.
6. Bapak Dr. Riswandi, M.Pd. selaku Plt. Dekan FKIP Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini.
7. Bapak dan Ibu dosen di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung, khususnya di Program Studi Magister Pendidikan Matematika, atas ilmu pengetahuan, bimbingan, dan motivasi yang telah diberikan sepanjang perjalanan studi ini.
8. Bapak Rizki Wahyu Yunian Putra, M.Pd. selaku validator ahli materi dan ahli media dalam pengembangan produk, atas bimbingan yang diberikan dalam peran sebagai validator ahli materi dan ahli media.
9. Bapak Trans Kasiono, M.Pd. selaku Kepala Sekolah SMP Negeri 4 Bandar Lampung serta Ibu Faila Sova, M.Pd. selaku Guru Mata Pelajaran Matematika yang telah membantu selama proses penelitian.
10. Bapak/Ibu guru serta siswa/i SMP Negeri 4 Bandar Lampung, atas dukungan dan kesempatan yang diberikan selama penelitian ini.
11. Teman-teman Magister Pendidikan Matematika Universitas Lampung Angkatan 2022, atas kebersamaan, dukungan, dan semangatnya selama ini.

Bandar Lampung, Januari 2025
Yang menyatakan,

KENNY CANDRA PRADANA
NPM 2223021008

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN TESIS MAHASISWA	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	13
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Manfaat Penelitian	14
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	14
1.4.2 Manfaat Praktis	14
II. TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Kemampuan Berpikir Kritis	16
2.1.1 Definisi Kemampuan Berpikir Kritis.....	16
2.1.2 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis.....	17
2.2 Model <i>Project-based Learning</i> (PjBL)	17
2.2.1 Definisi <i>Project-based Learning</i> (PjBL)	17
2.2.2 Karakteristik Model <i>Project-based Learning</i> (PjBL).....	18
2.2.3 Langkah-Langkah Model <i>Project-based Learning</i> (PjBL)	19

2.2.4	Kelebihan dan Kelemahan Model <i>Project-based Learning</i> (PjBL)	20
2.3	Pendekatan STEM	21
2.3.1	Definisi STEM.....	21
2.3.2	Aspek-Aspek STEM.....	23
2.3.3	Karakteristik STEM.....	24
2.3.4	Hakikat dan Tujuan STEM.....	24
2.3.5	Kelebihan dan kekurangan STEM.....	25
2.3.6	Tiga Pendekatan STEM.....	25
2.4	Penerapan Model <i>Project-based Learning</i> (PjBL) dengan Pendekatan STEM	29
2.5	Multimedia Interaktif.....	30
2.5.1	Definisi Multimedia Interaktif.....	30
2.5.2	Karakteristik Media dalam Multimedia Interaktif.....	32
2.5.3	Manfaat Multimedia Interaktif	34
2.5.4	Kelebihan dan Kelemahan Multimedia Interaktif	34
2.5.5	Elemen-Elemen Multimedia Interaktif	35
2.5.6	Penyajian Multimedia Interaktif	37
2.5.7	Multimedia Pembelajaran Interaktif	38
2.6	<i>MIT App Inventor</i>	39
2.6.1	Definisi <i>MIT App Inventor</i>	39
2.6.2	Komponen <i>MIT App Inventor</i>	40
2.6.3	Tipe dan Jenis <i>MIT App Inventor</i>	41
2.6.4	Kelebihan dan Kekurangan <i>MIT App Inventor</i>	42
2.7	Definisi Operasional	43
2.8	Penelitian yang Relevan	43
2.9	Kerangka Berpikir	44
2.10	Hipotesis Penelitian	46
III.	METODE PENELITIAN	47
3.1	Jenis Penelitian	47
3.2	Desain Penelitian	47
3.3	Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian	54
3.4	Teknik Pengumpulan Data	56
3.4.1	Tes.....	56
3.4.2	Wawancara	57
3.4.3	Angket (Kuesioner)	57
3.4.4	Observasi	58
3.4.5	Dokumentasi	58
3.5	Instrumen Penelitian	58
3.5.1	Angket Kebutuhan Siswa	59

3.5.2	Angket Validasi Ahli	59
3.5.3	Angket Respon Guru dan Siswa	60
3.5.4	Pedoman Wawancara.....	62
3.5.5	Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	62
3.5.6	Tes Kemampuan berpikir Kritis	63
3.6	Teknik Analisis Data	69
3.6.1	Analisis Data Hasil Angket dan Wawancara Kebutuhan Guru dan Siswa.....	69
3.6.2	Analisis Data Validasi Ahli	69
3.6.3	Analisis Data Respon Guru dan Siswa	70
3.6.4	Analisis Kefektifan Multimedia Interaktif.....	71
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	76
4.1	Hasil Penelitian.....	76
4.1.1	Tahap Analisis (<i>Analyze</i>).....	76
4.1.2	Tahap Perancangan (<i>Design</i>).....	81
4.1.3	Tahap Pengembangan (<i>Development</i>)	83
4.1.4	Tahap Implementasi (<i>Implement</i>)	97
4.1.5	Tahap Evaluasi (<i>Evaluate</i>).....	101
4.2	Pembahasan	104
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1	Kesimpulan.....	111
5.2	Saran	112
5.2.1	Saran Pemanfaatan Hasil	112
5.2.2	Saran Penelitian Selanjutnya	112
	DAFTAR PUSTAKA	114
	LAMPIRAN.....	124
	Lampiran A : Perangkat Pembelajaran	125
	Lampiran B : Instrumen Penelitian	223
	Lampiran C : Hasil Angket Validasi dan Angket Respon	269
	Lampiran D : Analisis Data	278
	Lampiran E : Administrasi dan Dokumentasi Penelitian.....	307

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Hasil Tes Essay Kemampuan berpikir Kritis.....	3
2.1 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis.....	17
2.2 Kegiatan Guru dan Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Projek.....	20
3.1 Desain Penelitian <i>Pretest-Posttest Control Group</i>	56
3.2 Kisi-Kisi Angket Ahli Materi	59
3.3 Kisi-Kisi Angket Ahli Media	60
3.4 Kisi-kisi Angket Kepraktisan Respon Siswa.....	61
3.5 Kisi-kisi Angket Kepraktisan Respon Guru	62
3.6 Pedoman Penskoran Keterlaksanaan Proses Pembelajaran	63
3.7 Pedoman Penskoran Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis.....	64
3.8 Hasil Uji Validitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	65
3.9 Kriteria Koefisien Reliabilitas	66
3.10 Klasifikasi Indeks Tingkat Kesukaran Butir Soal	67
3.11 Hasil Uji Tingkat Kesukaran Butir Soal.....	67
3.12 Kriteria Indeks Daya Pembeda Soal	68
3.13 Hasil Uji Daya Pembeda Soal.....	68
3.14 Skor Penilaian Angket Validasi.....	70
3.15 Skor Kriteria Validasi	70
3.16 Skor Penilaian Kepraktisan.....	71
3.17 Kriteria Untuk Uji Kepraktisan	71
3.18 Kriteria Uji Normalitas	73
3.19 Kriteria Uji Homogenitas	73
4.1 Hasil Validasi Ahli Materi.....	94
4.2 Penambahan Halaman Kunci Jawaban.....	94
4.3 Hasil Validasi Ahli Media	95

4.4	Penambahan Video Materi	96
4.5	Penambahan Dukungan Interaktif	96
4.6	Rekapitulasi Hasil Angket Respon Siswa dan Guru terhadap Multimedia Interaktif.....	98
4.7	Kesimpulan Hasil Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	98
4.8	Keterlaksanaan Model Pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEM Menggunakan Multimedia Interaktif.....	100
4.9	Hasil Uji Statistik Deskriptif	100
4.10	Interpretasi Gain Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa.....	101
4.11	Hasil Uji Normalitas	102
4.12	Hasil Uji Homogenitas	102
4.13	Hasil Uji T Tidak Berpasangan	103
4.14	Hasil Uji Proporsi Data Kemampuan Berpikir Kritis.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Hasil Angket Kebutuhan.....	4
2.1 Ilustrasi Pendekatan Silo.....	26
2.2 Ilustrasi Pendekatan Terpadu.....	27
2.3 Ilustrasi Pendekatan Tertanam.....	28
2.4 Tampilan Halaman Designer Pada <i>Platform MIT App Inventor</i>	40
2.5 Tampilan Halaman Blocks Pada <i>Platform MIT App Inventor</i>	40
3.1 Desain Penelitian Model ADDIE	48
4.1 Peta Kerja Sistem Multimedia Interaktif	82
4.2 Tampilan Awal <i>Designer</i>	83
4.3 Tampilan Awal <i>Blocks</i>	83
4.4 Tampilan Pengembangan pada <i>MIT App Inventor</i>	84
4.5 Nama dan Logo Multimedia Interaktif	85
4.6 Tampilan <i>Loading Screen</i>	86
4.7 Tampilan Menu Utama	86
4.8 Tampilan Menu CP & TP	87
4.9 Tampilan Menu Materi Awal	87
4.10 Tampilan Menu Materi (a) Peta Konsep; (b) Pendahuluan; (c) Materi 1; (d) Materi 2; (e) Materi 3; dan (f) Materi 4	88
4.11 Tampilan Menu Projek (a) <i>Splash Screen</i> ; (b) Menu Awal Projek; (c) Pengantar Projek; (d) Tujuan Projek; (e) Panduan Projek; dan (f) Menu <i>Upload</i> Tugas Projek.....	89
4.12 Tampilan <i>Button</i> Navigasi Unduh LKK.....	90
4.13 Tampilan Menu Contoh Soal.....	91
4.14 Tampilan Menu Latihan (a) Petunjuk Pengerjaan Soal; (b) Soal; dan (c) Menu Hasil	91

4.15 Tampilan Menu Evaluasi (a) Petunjuk Pengerjaan Soal; (b) Soal Evaluasi.....	92
4.16 Tampilan Menu Informasi	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A.1 Tujuan Pembelajaran Fase D.....	126
A.2 Alur Tujuan Pembelajaran Fase D	138
A.3 Modul Ajar Kelas Eksperimen	148
A.4 Modul Ajar Kelas Kontrol.....	175
A.5 Lembar Observasi Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran.....	199
A.6 Storyboard Produk Multimedia Interaktif	208
A.7 Multimedia Interaktif “ <i>MatHub: Pattern 8 Ed.</i> ”	213
B.1 Angket Analisis Pendahuluan	224
B.2 Angket Uji Kepraktisan Oleh Siswa	226
B.3 Angket Uji Kepraktisan Oleh Guru	230
B.4 Lembar Validasi Oleh Ahli Materi.....	234
B.5 Kisi-Kisi Lembar Validasi (Ahli Materi)	240
B.6 Deskripsi Butir Penilaian (Ahli Materi)	241
B.7 Lembar Validasi Oleh Ahli Media	245
B.8 Kisi-Kisi Lembar Validasi (Ahli Media)	252
B.9 Deskripsi Butir Penilaian (Ahli Media)	253
B.10 Kisi-Kisi Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	259
B.11 Kriteria Penskoran Kemampuan Berpikir Kritis	260
B.12 Soal Tes Kemampuan Berpikir Kritis	262
B.13 Rubrik Penilaian Tes Kemampuan Berpikir Kritis	264
C.1 Hasil Angket Analisis Pendahuluan	270
C.2 Hasil Validasi Ahli Materi	271
C.3 Hasil Validasi Ahli Media.....	272
C.4 Hasil Angket Respon Guru	273
C.5 Hasil Angket Respon Siswa	274

C.6	Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	277
D.1	Hasil Uji Coba Tes Kemampuan Berpikir Kritis	279
D.2	Analisis Uji Validitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	281
D.3	Analisis Uji Reliabilitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	282
D.4	Analisis Uji Tingkat Kesukaran Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	283
D.5	Analisis Uji Daya Pembeda Tes Kemampuan Berpikir Kritis.....	285
D.6	Data Nilai <i>Pre-test</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen.....	287
D.7	Data Nilai <i>Post-test</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen	289
D.8	Data Nilai <i>Pre-test</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Kontrol	291
D.9	Data Nilai <i>Post-test</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Kontrol.....	293
D.10	Data Nilai <i>Gain</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen	295
D.11	Data Nilai <i>Gain</i> Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Kontrol.....	297
D.12	Analisis Validasi Ahli Materi.....	299
D.13	Analisis Validasi Ahli Media	300
D.14	Analisis Respon Siswa dan Guru	301
D.15	Analisis Keterlaksanaan Pembelajaran	302
D.16	Analisis Uji Normalitas dan Uji Homogenitas Kemampuan Berpikir Kritis.....	303
D.17	Analisis Uji Hipotesis Kemampuan Berpikir Kritis.....	304
D.18	Uji Proporsi Hasil <i>Post-test</i> Berpikir Kritis Kelas Eksperimen	305
E.1	Surat Permohonan Validator Ahli Materi dan Media	308
E.2	Surat Izin Penelitian	310
E.3	Surat Balasan Penelitian.....	313
E.4	Dokumentasi Kegiatan	316

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembentukan individu secara utuh merupakan inti utama dalam dunia pendidikan, yang berkaitan erat dengan proses belajar dan pembelajaran; keduanya tidak dapat dipisahkan karena memiliki keterkaitan yang erat. Proses belajar adalah tahap yang dilewati oleh setiap individu untuk mencapai perubahan yang bersifat permanen dalam kehidupannya (Mutiara et al., 2019). Di lain sisi, menurut Anisa et al., (2020), pembelajaran merupakan upaya yang bertujuan dalam memfasilitasi proses belajar pada anak didik, dalam lingkungan belajar, didasarkan pada hubungan timbal balik, dengan tujuan mencapai target pembelajaran (Ammy, 2021). Dengan demikian, belajar dan pembelajaran saling terkait dalam pendidikan, di mana belajar adalah proses perubahan permanen dalam hidup individu, sementara pembelajaran melibatkan keterlibatan pendidik (guru) dan siswa dengan tujuan mencapai target pembelajaran.

Seseorang yang mengalami proses belajar dan pembelajaran dapat dikenali melalui berbagai indikator. Beberapa di antaranya melibatkan perilaku dan hasil belajar yang muncul sebagai hasil transformasi di berbagai bidang, seperti kognitif, afektif, dan psikomotor (Diani et al., 2016). Ini mencerminkan bahwa proses belajar tidak hanya berdampak terhadap aspek pengetahuan (kognitif), tetapi juga berdampak pada perasaan dan emosi (afektif), serta keterampilan fisik atau gerakan tubuh (psikomotor). Pernyataan tersebut menegaskan bahwa proses belajar adalah pengalaman yang baik dan menyeluruh (Kamil, 2021), mencakup pemahaman konseptual, pengelolaan emosi, dan perkembangan keterampilan fisik yang bersifat praktis, membentuk siswa secara menyeluruh dalam konteks pendidikan. Dengan demikian, pengukuran efektivitas pembelajaran dapat dilakukan dengan melihat

transformasi yang terjadi pada berbagai dimensi perilaku individu yang telah mengikuti proses pembelajaran.

Transformasi yang terjadi perlu diperhatikan dalam semua bidang studi, termasuk dalam konteks pembelajaran matematika. Matematika tidak sekedar suatu pelajaran, tetapi juga merupakan fondasi integral yang menjadi dasar untuk kemajuan dalam berbagai disiplin ilmu. Ini terkait dengan signifikansi matematika dalam menguasai pengetahuan dan teknologi, yang menjadi fokus pembelajaran pada era abad ke-21. Oleh karena itu, setiap siswa harus memiliki berbagai kemampuan yang mengacu pada keterampilan tersebut, yang salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis (Muna & Malasari, 2021). Menurut Shaw et al.(2020), berpikir kritis diakui sebagai keterampilan umum yang memiliki kontribusi signifikan terhadap pencapaian sukses dalam bidang akademis dan karier pada abad ke-21.

Ketika mampu berpikir kritis, siswa dapat melihat pelajaran matematika sebagai suatu proses pemecahan masalah yang memerlukan analisis yang lebih mendalam (Purwati et al., 2016) dan evaluasi kritis terhadap informasi yang diterima. Kemampuan ini tidak sebatas meningkatkan pemahaman pada materi pelajaran, namun juga memungkinkan siswa untuk membentuk keterampilan berpikir mandiri, mengeksplorasi sudut pandang alternatif, dan menghasilkan solusi kreatif untuk tantangan yang dihadapi. Hal ini memungkinkan siswa untuk memiliki kapabilitas untuk mendalami pemahaman terhadap konsep-konsep pembelajaran secara lebih mendalam. Oleh karena itu, kemampuan berpikir kritis tidak hanya menjadi dasar dalam memahami matematika, tetapi juga menjadi pijakan penting untuk pengembangan keterampilan berpikir yang holistik dan berkelanjutan.

Pemahaman siswa mengenai cara berpikir kritis yang lebih mendalam dalam memecahkan suatu masalah masih menjadi suatu tantangan. Hal ini dikarenakan kurangnya inisiatif dalam membentuk kemampuan berpikir kritis matematis di lingkungan sekolah. Data hasil PISA 2022 menunjukkan peringkat Indonesia naik 5 posisi namun secara statistik masih di bawah rata-rata OECD, sehingga mampu

dikenali bahwa tingkat kemampuan berpikir kritis matematis siswa Indonesia belum mencapai tingkat yang tinggi (Nurlaeli et al., 2018). Ini disebabkan oleh kesukaran yang masih ditemui oleh siswa dalam menuntaskan soal yang memerlukan kemampuan dalam merumuskan dan menginterpretasikan masalah, untuk mengembangkan strategi pemecahan matematika yang tepat. Permasalahan tersebut sejalan dengan temuan yang peneliti dapat di SMP Negeri 4 Bandar Lampung.

Setelah dilakukan evaluasi terhadap siswa di SMP Negeri 4 Bandar Lampung, pada tahun pelajaran 2023/2024, ditemukan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa menunjukkan hasil yang cenderung rendah. Evaluasi ini mencakup berbagai aspek dan indikator penilaian yang secara keseluruhan mengindikasikan bahwa siswa perlu pengembangan lebih lanjut dalam hal kemampuan berpikir kritis mereka. Hasil tes yang dilakukan peneliti disajikan pada Tabel 1.1.

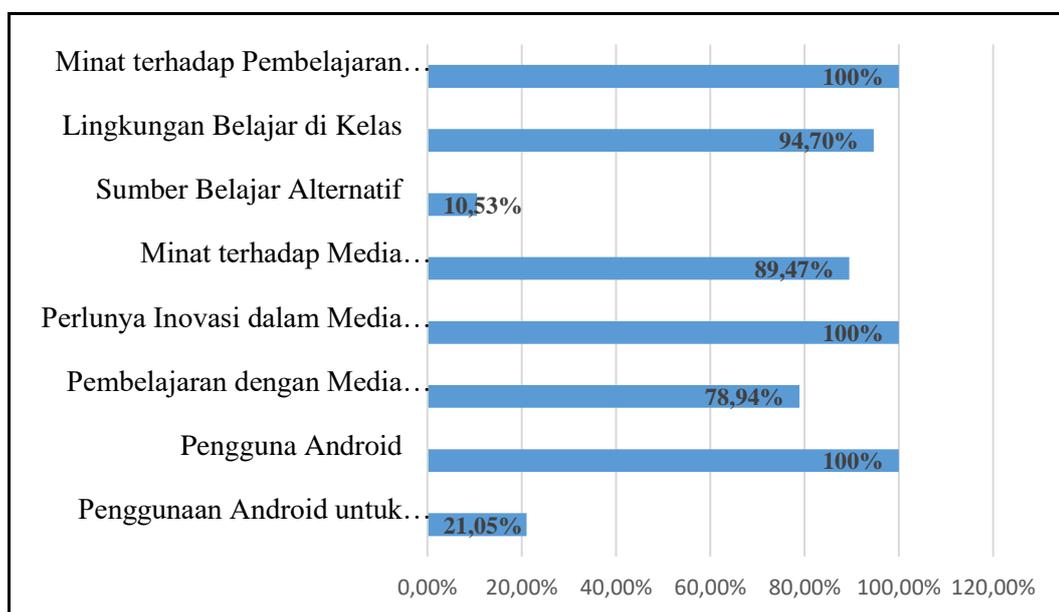
Tabel 1.1 Hasil Tes *Essay* Kemampuan berpikir Kritis

Kategori	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Sangat Tinggi	0	0
Tinggi	0	0
Sedang	1	4,76
Rendah	3	14,28
Sangat Rendah	17	80,96
Total	21	100

Berdasarkan Tabel 1.1, sebanyak 95,24% dari total jumlah siswa masih tergolong ke dalam kemampuan berpikir rendah bahkan sangat rendah. Temuan dari penelitian pendahuluan mengindikasikan bahwa mayoritas masih menyandang kemampuan berpikir kritis yang rendah. Ini menunjukkan bahwa kualitas pembelajaran belum mencapai tingkat yang optimal, terlihat dari keterbatasan siswa dalam menyelesaikan soal *essay*, terutama dalam merumuskan pokok permasalahan dan menyelesaikan masalah dengan beragam alternatif solusi.

Untuk memperdalam informasi awal dan mengidentifikasi kebutuhan serta tantangan seputar topik penelitian yang dilaksanakan, peneliti menyebar angket

kepada siswa berupa pertanyaan-pertanyaan terstruktur. Hasil penyebaran angket kepada siswa disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Hasil Angket Kebutuhan

Berdasarkan Gambar 1.1, didapat sebanyak 100% siswa tertarik dengan pembelajaran matematika dan 94,7% menyatakan suasana belajar di kelas saat pelajaran matematika sudah cukup menyenangkan. Sebanyak 89,47% siswa tidak memiliki alternatif lain dalam sumber belajar selain buku paket yang kerap digunakan selama kegiatan belajar di dalam ruang kelas dan hanya sebanyak 74,68% siswa yang telah memanfaatkan berbagai media pembelajaran tambahan sebagai dukungan untuk memahami mata pelajaran matematika sehingga sebanyak 94,73% siswa menyatakan bahwa media pembelajaran yang sedang digunakan saat ini telah mencukupi untuk mendukung proses pembelajaran. Sebanyak 78,94% siswa berpendapat bahwa pembelajaran matematika menggunakan media bisa membuat mereka lebih bersemangat dan termotivasi dalam belajar matematika. Namun, sebanyak 100% siswa masih membutuhkan/menginginkan inovasi media pembelajaran baru untuk menunjang pembelajaran matematika.

Pada poin selanjutnya, sebanyak 89,47% siswa menyatakan ketertarikan mereka terhadap penggunaan media ajar berbasis multimedia. Sebanyak 100% siswa adalah pengguna android aktif, namun hanya 21,05% siswa yang selalu memanfaatkannya

dalam menunjang pembelajaran matematika. Hal ini menyimpulkan bahwa masih ada sejumlah siswa yang belum menggunakan android secara efektif untuk mendukung pembelajaran matematika. Tingginya pengguna aktif android tidak sejalan dengan penggunaannya sebagai alat dalam mendukung proses pembelajaran, khususnya pada pelajaran matematika.

Selain melakukan tes pendahuluan dan menyebarkan survei melalui kuesioner, peneliti juga melakukan wawancara dengan seorang guru yang mengajar bidang studi matematika di SMP Negeri 4 Bandar Lampung. Dengan pendekatan ini, peneliti mendapatkan wawasan lebih mendalam terkait tingkat pemahaman dan pengalaman guru dalam konteks pembelajaran matematika di sekolah tersebut. Informasi yang diperoleh menunjukkan bahwa sebagian besar siswa cenderung bersikap pasif selama pembelajaran matematika. Menurut Nisa et al. (2021), perilaku pasif siswa ini muncul karena adanya persepsi bahwa mata pelajaran matematika sering dianggap sulit dan menakutkan. Menurut Yuwana et al. (2023), seringkali siswa merasa terbebani dengan banyaknya rumus, teori, dan permasalahan yang dihadapi dalam matematika, sehingga mereka cenderung menghindari atau mengikuti pembelajaran matematika tanpa terlibat secara aktif.

Hasil observasi lebih lanjut menunjukkan bahwa banyak model pembelajaran yang tercantum dalam modul ajar guru, mulai dari *Discovery Learning*, *Scientific Approach*, hingga *Problem-Based Learning* (PBL), namun saat implementasinya, masih banyak yang berubah atau bergeser kepada pendekatan pembelajaran langsung (*direct learning*). Hal ini disebabkan oleh kondisi di lapangan yang belum sepenuhnya mendukung penerapan model pembelajaran inovatif. Padahal, Kurikulum Merdeka yang diterapkan di sekolah mendorong pendekatan yang lebih berpusat pada siswa dan pembelajaran yang kontekstual. Beberapa faktor yang berkontribusi antara lain keterbatasan waktu untuk menyelesaikan materi sesuai jadwal, kurangnya sarana pendukung seperti media interaktif atau bahan ajar yang relevan, dan jumlah siswa yang besar, sehingga guru kesulitan melibatkan semua siswa secara aktif dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, siswa sering

membutuhkan lebih banyak waktu untuk beradaptasi dengan model pembelajaran yang mendorong mereka menemukan pengetahuan baru secara mandiri.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun Kurikulum Merdeka mendorong pendekatan yang berpusat pada siswa dan pembelajaran yang kontekstual, transisi ke implementasi idealnya memerlukan proses yang tidak instan. Guru sering kali harus menyesuaikan pendekatan yang digunakan dengan situasi nyata di kelas, yang mungkin tidak ideal untuk penerapan model-model pembelajaran seperti yang diharapkan.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, terungkap bahwa guru hanya menitikberatkan pada penggunaan buku paket dan LKS yang digunakan untuk menyampaikan materi dalam bentuk rumus langsung. Hal ini menyebabkan kurangnya kemungkinan pemahaman konsep yang sedang dipelajari (Rahmah et al., 2021). Kegiatan pembelajaran yang hanya mengandalkan buku paket dan memberikan soal kepada siswa melalui Lembar Kerja Siswa (LKS) memiliki kelemahan dalam merangsang pemahaman mendalam dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Dengan pendekatan seperti ini, guru seringkali mengalami keterbatasan dalam menyampaikan materi yang terdapat dalam buku paket sehingga membuat siswa menjadi kurang memahami materi yang disampaikan (Komariah et al., 2018).

Untuk mengakomodir tantangan ini, diperlukan solusi. Pertama adalah penting adanya media pembelajaran matematika sebagai penunjang keberhasilan pembelajaran matematika (Amalia et al., 2022). Penggunaan media pembelajaran dapat berfungsi sebagai alat bantu yang efisien dalam menyajikan informasi secara visual dan interaktif untuk meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa. Media pembelajaran dapat 1) menyediakan informasi secara visual, auditif, atau interaktif yang mampu meningkatkan pemahaman dan penyerapan pengetahuan; 2) merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat siswa (Fitrianti et al., 2020); serta 3) menyediakan simulasi, demonstrasi, atau latihan interaktif yang memungkinkan siswa mengembangkan keterampilan fisik atau gerakan tubuh yang

diperlukan. Secara ringkas, media pembelajaran memegang peran krusial dalam mencapai keberhasilan proses pembelajaran karena efektif menyajikan informasi visual dan interaktif, merangsang mental dan emosional sambil menyediakan simulasi dan latihan interaktif untuk pengembangan kemampuan berpikir kritis matematis.

Sejatinya, pemanfaatan media pembelajaran matematika dianggap sebagai cara yang efektif dalam memberikan sokongan kontribusi pada proses pembelajaran. Telah ada upaya dalam merancang dan mengembangkan berbagai media pembelajaran pada masa lalu, mulai dari modul (Safitri et al., 2021), video animasi (Eka et al., 2022), LKS (Astuti et al., 2017), komik interaktif (Risti, 2021), *flipbook* (Suri et al., 2020), dan masih banyak lagi. Media pembelajaran tersebut dirancang dengan cermat untuk menggalakkan siswa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka melalui pemahaman serta aplikasi konsep-konsep yang diajarkan, sehingga memberikan landasan kuat bagi pengembangan kemampuan berpikir kritis yang diperlukan.

Menurut Noer (2019), karakteristik dan kemampuan masing-masing media perlu diperhatikan untuk memilih media yang tepat sesuai dengan kondisi dan kebutuhan. Hal ini disesuaikan dengan konteks dan tuntutan khusus yang terdapat dalam kegiatan pembelajaran. Dengan mengharmonisasikan penggunaan media pembelajaran sehingga sejalan dengan maksud dan kebutuhan pembelajaran yang spesifik, implementasi media tersebut memiliki potensi untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih dinamis, efektif, dan mendukung. Proses harmonisasi ini mencakup penyesuaian penggunaan media dengan kurikulum, model pembelajaran, serta kebutuhan siswa, sehingga dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih kontekstual dan relevan.

Di masa sekarang, pemilihan penggunaan media yang spesifik dalam pembelajaran erat kaitannya dengan perkembangan teknologi, di mana kesinambungan dan adaptasi terhadap inovasi teknologi menjadi kunci untuk memfasilitasi pengalaman pembelajaran yang efektif sekaligus relevan untuk para siswa. Dengan aksesibilitas

tersebut, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dapat digunakan sebagai sarana yang sesuai untuk memudahkan distribusi materi pembelajaran. Menurut Agustian & Salsabila (2021), teknologi diartikan sebagai materi pembelajaran dan sebagai alat bantu untuk menguasai suatu kompetensi serta membuka akses yang lebih luas bagi siswa untuk mendapatkan informasi yang relevan dan mutakhir. Teknologi memungkinkan pembelajaran berlangsung di luar ruang kelas, sehingga dapat diakses kapan saja dan di mana saja sesuai kebutuhan (Astika et al., 2019). Hal ini sekaligus membantu siswa menciptakan suatu lingkungan pembelajaran yang dinamis, responsif terhadap perkembangan terkini, serta memberikan ruang kepada siswa untuk memperluas keterampilan teknologi dan kemampuan adaptasi terhadap transformasi teknologi yang terus berkembang.

Menurut Liriwati (2023), teknologi membawa inovasi dalam pembelajaran matematika seperti *e-book*, *platform* pembelajaran *online*, dan sumber daya digital interaktif lainnya. Marhaeni et al. (2023) mendukung pernyataan tersebut dengan menyatakan bahwa peran teknologi dalam pembelajaran matematika sangat esensial dikarenakan kemampuannya untuk menyajikan informasi dengan format yang lebih dinamis (Hidayat et al., 2023), menyajikan konten ke dalam multimedia pembelajaran (Sintawati et al., 2019), dan menghadirkan suasana pembelajaran yang menggugah partisipasi aktif siswa. Integrasi teknologi dalam media pembelajaran tidak hanya meningkatkan aksesibilitas melainkan juga membuka pintu peluang untuk pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, mendukung tantangan pembelajaran berbasis keterampilan dan kreativitas yang diperlukan dalam era modern ini.

Integrasi teknologi dalam pengembangan media pembelajaran dapat melibatkan pemanfaatan berbagai elemen multimedia (Supardi et al., 2018). Salah satu platform multimedia yang dapat dimanfaatkan dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pengembangan media pembelajaran adalah *App Inventor 2* (AI2). AI2, menonjolkan keunggulan dalam kemudahan pemrograman. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa tidak dibutuhkan pengetahuan dasar pemrograman dan pemahaman kode di bidang Teknologi Informatika (TI) dari *user*. Dengan kecanggihan yang

dimilikinya, *MIT App Inventor* merupakan platform pemrograman visual yang sederhana dipahami, memungkinkan siapa saja, bahkan anak-anak, untuk menciptakan aplikasi penuh fungsional untuk perangkat seluler, terutama pada *platform Android*.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa *MIT App Inventor* dapat berperan sebagai penyedia fasilitas dalam pengembangan berbagai macam jenis aplikasi media yang berbasis Android, termasuk pembuatan permainan bola tangkis pada platform Android (Hasan et al., 2017), aplikasi tebak lagu daerah (Basith, 2023), serta aplikasi kamus akuntansi elektronik (Afifudin, 2018). Prinsip-prinsip pemikiran rasional dan penalaran yang dipergunakan dalam pembuatan sebuah aplikasi dengan jelas terkait dengan prinsip-prinsip matematika. Oleh karena itu, dapat diartikan bahwa matematika merupakan fondasi esensial dalam disiplin ilmu yang diperlukan, dan juga menjadi dasar untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (Mukhni et al., 2020).

Dalam pembelajaran matematika, *MIT App Inventor* telah banyak digunakan sebagai aplikasi pendukung pembuatan bahan ajar matematika, antara lain pada materi barisan dan deret (Angriani et al., 2020), trigonometri (Wildanudin, 2019), segitiga dan segiempat (Sulistiyani, 2015), sistem operasi (Hakky et al., 2018), fungsi komposisi (Ekiningsih et al., 2019), program linear (Syarifah, 2022), dan masih banyak lagi. Penerapan *MIT App Inventor* dalam berbagai materi matematika bukan hanya memberikan keleluasaan bagi pengajar dan siswa, tetapi juga membuka peluang untuk menciptakan pengalaman belajar yang beragam, interaktif, serta relevan dengan perkembangan teknologi. Melalui penggunaan *MIT App Inventor*, baik pengajar maupun siswa dapat aktif terlibat dalam proses pembelajaran dengan mendesain dan mengembangkan aplikasi matematika sendiri. Pendekatan ini tidak hanya memperkaya metode pembelajaran matematika, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam melalui pendekatan visual dan aplikatif, menciptakan suasana belajar yang dinamis dan inovatif.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, *MIT App Inventor* sangat cocok dalam pembelajaran matematika karena mendukung pembuatan beragam bahan ajar matematika dan memungkinkan guru serta siswa mengimplementasikan konsep-konsep matematika ke dalam sebuah media pembelajaran sebagai alat bantu pembelajaran. Hal ini sangat penting dikarenakan banyak permasalahan matematika yang terkait dengan aktivitas sehari-hari dapat diatasi dengan menerapkan konsep dan teori yang sudah ada (Asmaruddin, 2018), dan mengaitkan konsep dan masalah sehari-hari dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Siswono, 2016). Melalui kaitan antara konsep matematika dengan situasi sehari-hari dan menggunakan media pembelajaran sebagai sarana bantu, siswa dapat meningkatkan kemampuan berpikirnya secara holistik dalam menghadapi tantangan kehidupan (Halim & Hadi, 2023). Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep matematika secara lebih kontekstual, tetapi juga mengajarkan bagaimana menerapkan pengetahuan tersebut dalam menghadapi berbagai tantangan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, integrasi konsep matematika dalam konteks kehidupan nyata melalui multimedia pembelajaran dapat memberikan dampak positif pada perkembangan pemikiran kritis siswa secara menyeluruh.

Selain penggunaan multimedia pembelajaran yang memberikan dampak positif bagi kemampuan berpikir kritis siswa, perlu adanya model pembelajaran yang lebih fleksibel dan mampu menjembatani kesenjangan antara harapan kurikulum dan kondisi di lapangan. Solusi kedua yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir siswa adalah model *Project-based Learning* (PjBL). Hal ini sejalan dengan pendapat Barrows & Tamblyn dalam Wiratman et al. (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek (PjBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat merangsang kemampuan berpikir kritis siswa. Dalam model ini, siswa tidak hanya diberikan pengetahuan teori, tetapi juga diajak untuk merancang dan mengimplementasikan solusi terhadap masalah nyata yang mereka temui, yang selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual. Menurut Prabawati & Agustika (2020), model

pembelajaran berbasis proyek (PjBL) ini akan sangat baik jika diterapkan dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM).

Meskipun model pembelajaran lain sudah pernah diterapkan, PjBL-STEM menawarkan keunggulan khusus yang lebih sesuai dengan situasi dan tantangan yang dihadapi di sekolah. PjBL-STEM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu yang saling terkait (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika), yang memungkinkan siswa untuk melihat keterkaitan antara teori dan praktik dalam kehidupan nyata. Siswa yang terlibat dalam proyek berbasis STEM tidak hanya belajar teori, tetapi juga diberi kesempatan untuk bekerja dalam kelompok dan mencari solusi atas masalah nyata, yang akan meningkatkan motivasi dan keterlibatan mereka dalam proses belajar. Model PjBL memberikan kesempatan lebih bagi siswa untuk terlibat langsung dalam proses belajar dan merasakan dampak langsung dari pembelajaran mereka, dimana guru memimpin proses, memberikan umpan balik kepada siswa dan menilai kinerjanya, mengenali kecenderungan siswa yang pasif, dan mengaktifkan kegiatan berbasis proyek (Pratiwi et al., 2020). Luaran proyek ini dilakukan secara kolaboratif, sehingga menghasilkan produk dan pengalaman yang berkesan bagi siswa (Kokotsaki et al., 2016).

Studi-studi terdahulu mencatat bahwa siswa secara alami terlibat dalam proses berpikir kritis ketika mereka terlibat dalam proyek-proyek berbasis STEM yang menantang (Wiratman et al., 2023). STEM mengacu pada prosedur ilmiah yang terukur, terencana, dievaluasi dengan menggunakan inovasi teknologi yang ada di lingkungan siswa dan PjBL mengacu pada upaya memberikan tugas yang menantang dalam bentuk proyek. Integrasi PjBL dengan pendekatan STEM lebih menekankan pada proses desain, yaitu pendekatan sistematis untuk mengembangkan solusi terhadap masalah dengan hasil yang terdefinisi dengan baik dimana keempat disiplin ilmu dalam STEM akan membantu dan melatih kemampuan berpikir kritis siswa. Menurut Allanta & Puspita (2021) dan Priatna et al. (2020), pembelajaran pada model proyek dengan pendekatan STEM ini

dikatakan mampu meningkatkan kemampuan siswa khususnya kemampuan berpikir kritis.

Dalam implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEM, siswa untuk berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran dalam kelompok, bekerja sama (Hasanah et al., 2024) untuk menyelesaikan proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, seperti menciptakan alat teknologi sederhana, atau menganalisis data terkait fenomena tertentu. Keterlibatan dalam proyek semacam ini memberikan siswa kesempatan untuk mengeksplorasi, bereksperimen, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep matematika, sains, teknologi, dan teknik yang diajarkan. Proses ini juga memungkinkan siswa untuk melihat keterkaitan antara apa yang mereka pelajari dengan dunia nyata dan masalah sehari-hari (Wati et al., 2024).

Selain itu, pendekatan PjBL-STEM mendorong pengintegrasian teknologi dalam proses pembelajaran, yang sangat relevan dengan kebutuhan siswa di era digital saat ini. Menurut Herman et al. (2024), integrasi teknologi dalam PjBL memperkuat penguasaan konsep dan memperkaya pengalaman belajar siswa. Penggunaan perangkat digital seperti aplikasi simulasi, *software* desain, dan alat analisis data dapat membantu siswa memahami konsep abstrak melalui representasi visual atau eksperimen virtual. Pembelajaran berbasis teknologi yang terintegrasi dalam PjBL-STEM memungkinkan siswa untuk lebih mandiri dalam mengeksplorasi informasi, merancang solusi inovatif, dan mengkomunikasikan hasil proyek mereka dengan cara yang menarik dan profesional. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kemampuan kognitif tetapi juga mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang esensial bagi siswa.

Lebih jauh lagi, penerapan PjBL-STEM memberikan peluang bagi guru untuk mengadopsi peran sebagai fasilitator yang membimbing dan mendukung siswa dalam proses belajar mereka (Lubis et al., 2024; Saenab et al., 2019). Guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber pengetahuan, melainkan menjadi mitra dalam eksplorasi yang mendorong siswa untuk memanfaatkan sumber daya secara

mandiri, baik melalui penelitian maupun observasi. Menurut Stianingsih & Al Farisi (2024), pendekatan seperti ini dapat mengubah paradigma pembelajaran dari pengajaran yang berpusat pada guru menjadi model pengajaran yang mandiri dan diarahkan sendiri. Dengan cara ini, model PjBL-STEM dapat menjadi solusi strategis untuk mengatasi tantangan pembelajaran konvensional sekaligus menciptakan pengalaman belajar yang berkesan dan relevan.

Adanya kebutuhan dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis mendorong perlunya pengembangan media pembelajaran, khususnya dalam bentuk multimedia interaktif (Khairani et al., 2021) dalam pembelajaran matematika berbasis proyek (PjBL) dengan pendekatan STEM, yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dari paparan tersebut, peneliti perlu mengembangkan sebuah media pembelajaran dalam bentuk multimedia interaktif yang dapat memberikan sumbangan positif terhadap pengembangan berpikir kritis siswa, melalui penerapan konsep-konsep ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks pembelajaran matematika berbasis proyek. Sebagai solusi terhadap kebutuhan tersebut, peneliti mengadakan penelitian dengan judul “Pengembangan Multimedia Interaktif pada Pembelajaran Matematika Berbasis Proyek dengan Pendekatan STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa”.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada konteks masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa?
- b. Apakah pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

- a. Mendeskripsikan hasil pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.
- b. Mengetahui efektivitas multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Memberikan wawasan dan pengetahuan mengenai langkah-langkah dan proses pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM, dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Selain itu, diharapkan penelitian ini bisa digunakan sebagai pedoman dan sumber acuan untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang terkait.

1.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis penelitian ini adalah untuk:

- a. Sekolah

Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, penting untuk memperoleh media yang efektif. Media ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan informasi kepada siswa, tetapi juga untuk mempersiapkan mereka menghadapi tantangan dalam dunia modern yang terus berkembang. Dengan memiliki media yang tepat, siswa dapat diberdayakan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Hal ini penting dalam merangsang perkembangan intelektual, sehingga siswa dapat menjadi individu yang kompeten dan siap menghadapi berbagai situasi dalam kehidupan sehari-hari serta dalam karier di masa depan.

b. Guru

Guru memperoleh suatu bentuk inovasi pembelajaran dalam format yang menarik dan interaktif. Selain itu, dapat merangsang kreativitas guru dalam mengajar, menciptakan suasana kelas yang dinamis, menginspirasi minat siswa terhadap bidang STEM, memungkinkan pembelajaran matematika dengan menggunakan proyek-proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

c. Siswa

Multimedia interaktif memberikan kesempatan bagi siswa untuk terlibat dalam aktivitas yang merangsang kemampuan berpikir kritis, seperti menganalisis data, menyelesaikan tantangan, dan membuat keputusan. Di lain sisi, melibatkan siswa dalam proyek berbasis STEM dapat memberikan peluang untuk bekerja sama dalam kelompok atau tim. Hal ini dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi, komunikasi, dan kepemimpinan siswa, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia kerja modern.

d. Peneliti

Penelitian ini dilaksanakan untuk menemukan solusi terhadap masalah yang ada dan untuk meraih pengalaman yang akan membantu peneliti dalam mempersiapkan diri menjadi pendidik yang profesional dan dapat diandalkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemampuan Berpikir Kritis

2.1.1 Definisi Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan suatu kegiatan atau proses kognitif yang melibatkan langkah-langkah mental untuk mengevaluasi, menganalisis, dan memahami suatu informasi atau situasi. Proses berpikir kritis melibatkan kemampuan untuk mempertanyakan, meragukan, dan mencari pemahaman yang lebih mendalam. Kemampuan berpikir kritis dalam konteks matematika adalah keterampilan untuk mengatasi tantangan matematis, menganalisis, mengevaluasi, dan membandingkan dengan menggunakan alasan yang logis. Tujuannya adalah untuk dapat mengambil keputusan terbaik dalam menyelesaikan masalah-masalah matematika (Sari et al., 2019).

Kemampuan berpikir kritis memiliki signifikansi yang besar karena membantu siswa dalam menganalisis dan mendukung keputusan dengan merujuk pada bukti dan hasil evaluasi (Wahyunita & Subroto, 2021). Berpikir kritis terhubung dengan gagasan bahwa kemampuan berpikir merupakan suatu kapasitas yang melekat dalam individu dan sebaiknya dimanfaatkan secara optimal. Berpikir kritis dalam konteks matematika sangat penting karena melibatkan kemampuan siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan merencanakan strategi penyelesaian masalah dengan cermat. Dengan demikian, kemampuan berpikir kritis dalam konteks matematika adalah kemampuan intelektual yang menitikberatkan pada pengambilan keputusan yang terorganisir dalam menyelesaikan masalah matematis, sekaligus terkait dengan penalaran logis.

2.1.2 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Pertanyaan-pertanyaan yang dirancang dengan mempertimbangkan indikator-indikator dapat membantu guru mengevaluasi kemampuan berpikir kritis siswa dalam konteks matematika. Indikator kemampuan berpikir kritis tersebut, menurut Perkins & Murphy (2006) melibatkan hal-hal berikut:

Tabel 2.1 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Indikator	Deskripsi Indikator
<i>Clarification</i> (Klarifikasi)	Kemampuan untuk merumuskan inti permasalahan dan menganalisis argumen yang telah diajukan
<i>Assessment</i> (Asesmen)	Kemampuan memberikan justifikasi untuk mencapai kesimpulan yang akurat.
<i>Strategy and Technique</i> (Strategi dan Teknik)	Kemampuan dalam menemukan solusi dengan memanfaatkan berbagai opsi alternatif.
<i>Inference</i> (Inferensi)	Kemampuan membuat simpulan secara jelas, tegas, dan logis.

Berpikir kritis harus digunakan pada siswa agar dapat memperoleh konsep-konsep pembelajaran secara mandiri, dan dapat mengembangkan kepekaan siswa. Tak hanya itu, siswa juga akan lebih terampil dalam menerapkan konsep-konsep yang beragam (Rizkita & Saputra, 2020). Oleh karena itu, penerapan berpikir kritis seharusnya dilakukan secara bertahap.

2.2 Model *Project-based Learning* (PjBL)

2.2.1 Definisi *Project-based Learning* (PjBL)

Secara sederhana, *Project-based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang menghubungkan teknologi dengan permasalahan sehari-hari yang dikenal oleh siswa, atau dengan proyek yang berkaitan dengan sekolah (Titu, 2015). Menurut Jacques (2017), model ini memungkinkan siswa untuk mempelajari konten dalam suatu konteks, menerapkan pengetahuan sebelumnya, dan memperoleh keterampilan yang tidak ditemukan dalam pendidikan tradisional, seperti cara berkolaborasi. Model ini mengajak siswa untuk terlibat dalam penyelesaian tugas-tugas yang berasal dari materi pembelajaran dengan tingkat kesulitan yang

kompleks dan terkait dengan situasi sehari-hari. Siswa diberi kesempatan dalam melakukan observasi, survei, atau menganalisis masalah secara berkelompok (Yanti & Novaliyosi, 2023). Dalam proses pembelajaran ini, siswa didorong untuk berpartisipasi secara aktif dengan mengajukan pertanyaan, menyelidiki, menjelaskan, dan berinteraksi dengan masalah yang ada. Hasil penyelidikan yang dilakukan akan dipresentasikan dalam bentuk produk (Oktaya & Panggabean, 2022).

Menurut Han & Bhattacharya dalam Sudjimat et al. (2021), PjBL merupakan model pembelajaran yang melibatkan siswa dalam kegiatan kompleks, berlangsung dalam beberapa tahapan dan berdurasi relatif panjang. Dalam model ini, siswa terlibat dalam proyek yang menuntut pemecahan masalah, kolaborasi, dan kreativitas. Dengan menggunakan *Project-based Learning*, fokus pembelajaran beralih dari sekadar menghafal konsep menjadi hanya mengandalkan guru sebagai sumber informasi. Sebaliknya, siswa didorong untuk berpartisipasi aktif karena mereka dituntut untuk menyelesaikan berbagai tugas seperti kerja kelompok, berinteraksi dengan teman sebaya, dan mengemukakan pendapat selama proses pembelajaran (Latip & Supriatna, 2023).

2.2.2 Karakteristik Model *Project-based Learning* (PjBL)

Menurut Jauhariyyah et al. (2017), pembelajaran berbasis proyek memiliki karakteristik sebagai berikut.

- a. Siswa membuat keputusan tentang sebuah kerangka kerja;
- b. Adanya permasalahan atau tantangan yang diajukan kepada siswa;
- c. Siswa mendesain proses untuk menentukan solusi atas permasalahan atau tantangan yang diajukan;
- d. Peserta secara kolaboratif bertanggung jawab untuk mengakses dan mengelola informasi untuk memecahkan permasalahan;
- e. Proses evaluasi dijalankan secara kontinu;
- f. Siswa secara berkala melakukan refleksi atas aktivitas yang sudah dijalankan;
- g. Produk akhir aktivitas belajar akan dievaluasi secara kualitatif;
- h. Situasi pembelajaran sangat toleran terhadap kesalahan dan perubahan.

2.2.3 Langkah-Langkah Model *Project-based Learning* (PjBL)

Sintak PjBL yang digunakan mengadaptasi sintak menurut Keser dan Kargoca (2010) sebagai berikut.

a. Penentuan Proyek

Siswa memilih proyek yang akan dikerjakan, baik secara kelompok maupun individu, dari tema yang telah ditentukan oleh guru, selama tetap sesuai dengan tugas yang diberikan.

b. Perencanaan Langkah-Langkah Penyelesaian Proyek

Siswa merancang langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek yang telah dibuat. Proses perencanaan ini meliputi aturan pengerjaan proyek, pemilihan aktivitas yang mendukung, integrasi yang mungkin diperlukan untuk menyelesaikan proyek, serta perencanaan sumber, bahan, dan alat yang diperlukan, termasuk kerja sama dalam kelompok.

c. Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek

Guru mendampingi siswa dalam menyusun jadwal untuk pengerjaan proyek.

d. Penyelesaian Proyek dengan Fasilitas dan Monitoring Guru

Dalam mengerjakan proyek, siswa melakukan berbagai kegiatan seperti membaca, meneliti, melakukan observasi, wawancara, merekam, berkarya seni, mengunjungi objek proyek, dan mengakses internet. Guru bertanggung jawab untuk memonitor kemajuan siswa hingga proyek selesai serta menyiapkan rubrik yang merekam setiap aktivitas siswa selama penyelesaian proyek.

e. Penyusunan Laporan dan Presentasi/Publikasi Hasil Proyek

Produk yang telah selesai dikerjakan akan dipublikasikan kepada siswa, guru, atau masyarakat sebagai bagian dari penerapan hasil pembelajaran.

f. Evaluasi Proses dan Proyek

Di akhir pembelajaran, guru dan siswa akan melakukan refleksi terhadap aktivitas dan proyek yang telah dilakukan. Pada tahap evaluasi, siswa diberikan kesempatan untuk berbagi pengalaman mereka selama menyelesaikan proyek. Pada tahap ini, umpan balik juga diberikan terhadap proses dan produk yang telah dihasilkan.

Sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) dan melihat peran serta kegiatan yang dilakukan oleh guru dan siswa secara lebih mendetail, disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kegiatan Guru dan Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Proyek

Langkah	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa
Penentuan Proyek	Menentukan tema proyek yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, memberikan penjelasan dan arahan.	Memilih proyek yang sesuai dengan tema yang telah ditentukan, baik secara individu atau kelompok.
Perencanaan Langkah-Langkah Penyelesaian Proyek	Membimbing siswa dalam menyusun langkah-langkah pengerjaan proyek, memberikan saran dan panduan.	Merancang langkah-langkah penyelesaian proyek, termasuk menentukan aturan kerja, memilih aktivitas, serta menyusun rencana sumber daya.
Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek	Membantu dan mendampingi siswa dalam membuat jadwal pengerjaan proyek, memberikan contoh penjadwalan.	Membuat jadwal pelaksanaan proyek sesuai dengan tahap-tahap yang telah direncanakan, menyesuaikan waktu untuk setiap kegiatan.
Penyelesaian Proyek dengan Fasilitas dan Monitoring Guru	Memfasilitasi berbagai kegiatan yang dibutuhkan (membaca, meneliti, observasi, dll.), memonitor kemajuan siswa, dan menyiapkan rubrik penilaian.	Melaksanakan kegiatan proyek seperti membaca, meneliti, observasi, wawancara, berkarya seni, mengunjungi objek, atau akses internet.
Penyusunan Laporan dan Presentasi/Publikasi Hasil Proyek	Memberikan panduan dan format untuk penyusunan laporan dan presentasi, memfasilitasi publikasi hasil proyek.	Menyusun laporan hasil proyek, mempersiapkan dan melakukan presentasi atau publikasi hasil kepada siswa, guru, atau masyarakat.
Evaluasi Proses dan Proyek	Memimpin refleksi dan diskusi evaluasi proyek, memberikan umpan balik terhadap proses dan hasil proyek.	Mengemukakan pengalaman selama proses proyek, menerima dan menanggapi umpan balik, serta merefleksikan pembelajaran yang telah dilakukan.

2.2.4 Kelebihan dan Kelemahan Model *Project-based Learning* (PjBL)

Moursund et al. (1997) mengkaji beberapa artikel tentang pembelajaran berbasis proyek di kelas yang dapat digunakan sebagai bahan testimonial untuk pendidik mengenai penggunaan proyek serta persepsi mereka terhadap keberhasilannya. Adapun keuntungan dari *Project-based Learning* antara lain:

- a. Mendorong semangat belajar siswa dan membangun kapasitas mereka dalam menyelesaikan tugas;
- b. Meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan berbagai tantangan;

- c. Memupuk kerja sama antar siswa;
- d. Memperkuat keterampilan siswa dalam mengatur sumber daya;
- e. Membuat siswa lebih terlibat aktif dalam proses belajar;
- f. Mengasah keterampilan siswa dalam berinteraksi dan bertukar pikiran;
- g. Memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar dan berlatih dalam menyusun projek, serta mengatur waktu dan kebutuhan lainnya seperti alat untuk menyelesaikan tugas.

beberapa kelemahan *Project-based Learning* sebagai berikut.

- a. Memerlukan waktu yang cukup panjang untuk menyelesaikan masalah dan menghasilkan hasil akhir;
- b. Membutuhkan anggaran yang memadai;
- c. Memerlukan fasilitas, perlengkapan, dan bahan yang mencukupi.

2.3 Pendekatan STEM

2.3.1 Definisi STEM

Asal-usul istilah STEM dapat ditelusuri kembali ke tahun 1990-an. Pada periode tersebut, *National Science Foundation* (NSF) Amerika Serikat mengacu pada konsep SMET sebagai singkatan dari *Science, Mathematics, Engineering, dan Technology* (Syukri et al., 2013). Namun, seorang pegawai NSF melaporkan bahwa pelafalan SMET terdengar serupa dengan "SMUT", sehingga kemudian digantikan dengan istilah STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) (Syukri et al., 2013). Dengan menggabungkan pengetahuan, konsep, dan keterampilan secara sistematis, pembelajaran yang memiliki makna dapat dicapai melalui pendekatan STEM (Afriana et al., 2016). Menurut Kelley & Knowles (2016), STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang menggabungkan dua domain atau lebih dari konten STEM, yang terhubung melalui praktik STEM dalam situasi otentik, dengan tujuan memperkuat keterkaitan antar mata pelajaran tersebut dalam meningkatkan pembelajaran siswa.

Maryland State Department of Education (2012) menyatakan bahwa STEM menghilangkan hambatan buatan yang mengisolasi konten dan memungkinkan pendekatan pengajaran terintegrasi. Pendekatan STEM diartikan sebagai sebuah pendekatan pembelajaran yang menyatukan konsep teknologi/rekayasa dalam konteks pembelajaran sains/matematika (Fitriani et al., 2017). Pendekatan ini bertujuan untuk mengintegrasikan keempat disiplin ilmu tersebut agar saling mendukung dan menciptakan pengalaman pembelajaran yang holistik. Keterkaitan antar domain pendekatan STEM yang saling mempengaruhi. Pendekatan STEM diinginkan agar mampu merangsang perubahan perspektif siswa dan mengembangkan kemampuan kritis mereka untuk membentuk logika berpikir saat mengaplikasikan konsep dalam berbagai bidang ilmu. Selain itu, Siswa yang mahir STEM adalah pemikir logis, komunikator yang efektif dan melek teknologi, ilmiah, dan matematika (*Maryland State Department of Education*, 2012).

Pergerakan STEM adalah fenomena terkini yang mendapat perhatian dunia sebagai proyek pendidikan kesayangan bagi sistem sekolah dan pusat penelitian (Tan, 2018). Selama beberapa dekade terakhir, STEM difokuskan pada peningkatan sains dan matematika sebagai disiplin ilmu yang terisolasi (Kelley & Knowles, 2016) dan memperoleh signifikansinya pada abad ke-21 karena berorientasi pada inovasi yang menggunakan teknologi terkini. STEM adalah suatu pendekatan pembelajaran yang menekankan pada penggunaan metode ilmiah, penerapan teknologi, pemecahan masalah rekayasa, dan pemanfaatan konsep matematika dalam konteks dunia nyata. Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengembangkan berbagai keterampilan dan sikap yang krusial untuk menghadapi tantangan kompleks dalam masyarakat dan dunia kerja yang dinamis dan berubah-ubah. Dari definisi-definisi tersebut, STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang menggabungkan dua disiplin ilmu atau lebih yang bertujuan untuk memperkaya pemahaman siswa dan mengembangkan kemampuan berpikir yang dapat diaplikasikan dalam situasi kehidupan nyata (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2016).

2.3.2 Aspek-Aspek STEM

Menurut *National Academy of Engineering & the National Research Council* (2014), ada empat komponen STEM yang meliputi Ilmu Pengetahuan (*Science*), Teknologi (*Technology*), Rekayasa (*Engineering*), dan Matematika (*Mathematics*).

- a. Sains (*Science*) adalah studi tentang alam, termasuk hukum alam yang terkait dengan fisika, kimia, dan biologi serta perlakuan atau penerapan fakta, prinsip, konsep, atau konvensi yang terkait dengan disiplin ilmu tersebut. Sains adalah kumpulan pengetahuan yang telah terakumulasi sepanjang waktu dan juga sebuah proses “penyelidikan ilmiah” yang menghasilkan pengetahuan baru. Pengetahuan dari sains menginformasikan proses desain rekayasa.
- b. Teknologi (*Technology*) mengacu pada suatu rangkaian alat, proses, dan sistem yang dirancang untuk memberikan solusi terhadap tantangan atau kebutuhan manusia. Dengan demikian, teknologi tidak hanya mencakup peralatan fisik, tetapi juga pengetahuan dan keterampilan yang digunakan untuk menciptakan dan memanfaatkannya.
- c. Rekayasa (*Engineering*) mencakup pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk memahami serta menerapkan pengetahuan ilmiah, merancang, dan membangun peralatan, sistem, material, dan proses yang memberikan manfaat bagi manusia. Dalam pelaksanaannya, rekayasa mencakup berbagai disiplin ilmu, termasuk mekanika, elektro, kimia, dan banyak lagi, sehingga memungkinkan penciptaan solusi yang holistik dan terintegrasi. Teknik memanfaatkan konsep-konsep dalam sains dan matematika serta alat-alat teknologi.
- d. Matematika (*Mathematics*) adalah ilmu yang mempelajari pola dan hubungan antara besaran, bilangan, dan ruang. Berbeda dengan sains, dimana bukti empiris dicari untuk membenarkan atau menolak klaim, klaim dalam matematika dibenarkan melalui argumen logis berdasarkan asumsi dasar. Matematika merupakan disiplin ilmu yang memiliki kerangka konstruksi yang sangat terstruktur, terdiri dari aksioma, definisi, dan teorema yang didasarkan pada struktur logika (Kamandoko & Suherman, 2017). Suherman (2013), menyatakan bahwa matematika juga melibatkan pemahaman terhadap pola, keterkaitan, dan memberikan bahasa yang esensial untuk kemajuan dalam

teknologi, sains, dan rekayasa. Data menunjukkan bahwa matematika menduduki posisi yang *prominent* di antara cabang-cabang ilmu pengetahuan, karena pemahaman atau kemampuan berpikir siswa dalam mata pelajaran lain sering kali bergantung pada dasar matematika (Hamidah & Suherman, 2016).

2.3.3 Karakteristik STEM

Karakteristik pembelajaran STEM:

- a. Mengajak siswa untuk berpartisipasi dalam kerjasama tim.
- b. Mengajak siswa untuk terlibat dalam kegiatan penyelidikan.
- c. Mengajak siswa untuk menggunakan keterampilan dalam proses desain.
- d. Memberikan siswa peluang untuk meningkatkan jawaban atau produk yang mereka hasilkan.
- e. Mendorong siswa untuk menyajikan beragam jawaban atau solusi yang disertai justifikasi.
- f. Meningkatkan kesadaran siswa terhadap isu-isu dalam kehidupan nyata.

2.3.4 Hakikat dan Tujuan STEM

Menurut Khairiyah (2019), hakikat pembelajaran STEM adalah:

- a. Mengintegrasikan STEM ke dalam mata pelajaran baru di sekolah.
- b. Membantu siswa untuk memahami fenomena alam dengan mengaitkannya daripada mempelajarinya secara terpisah.
- c. Upaya untuk menciptakan kesempatan pembelajaran yang sejalan dengan tuntutan abad ke-21.

STEM juga memiliki sejumlah tujuan (Safira, 2021), di antaranya:

- a. Membimbing siswa dalam membangun pengalaman belajar mereka sendiri.
- b. Membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan dalam membentuk kebiasaan berpikir.
- c. Membantu siswa dalam membangun pengetahuan melalui proses asimilasi dan akomodasi yang berasal dari analisis, diskusi, dan penyusunan kesimpulan berdasarkan temuan.

- d. Memberikan kepada siswa untuk mengembangkan keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan dalam mempersiapkan diri menghadapi tuntutan dan tantangan di masa depan.

2.3.5 Kelebihan dan Kekurangan STEM

Kelebihan pada pendekatan STEM, antara lain:

- a. Memahami hubungan antara ide, konsep, dan keterampilan dalam domain disiplin.
- b. Merangsang ketertarikan, kreativitas, dan berpikir kritis pada siswa.
- c. Memandu siswa agar dapat memahami serta mengalami proses penyelidikan ilmiah.
- d. Menggalakkan penyelesaian masalah secara bersama-sama dan hubungan saling terkait dalam kerja kelompok.
- e. Membuat pemahaman yang aktif dan retensi melalui *self-learning*.
- f. Mendorong keterkaitan pemikiran, tindakan, dan proses pembelajaran.
- g. Menyulut minat, keterlibatan, dan kehadiran siswa.
- h. Membangun kemampuan siswa dalam mengaplikasikan pengetahuan mereka.
- i. Mengasah pengetahuan matematika dan ilmiah pada siswa.

Kekurangan pada pendekatan STEM, yaitu:

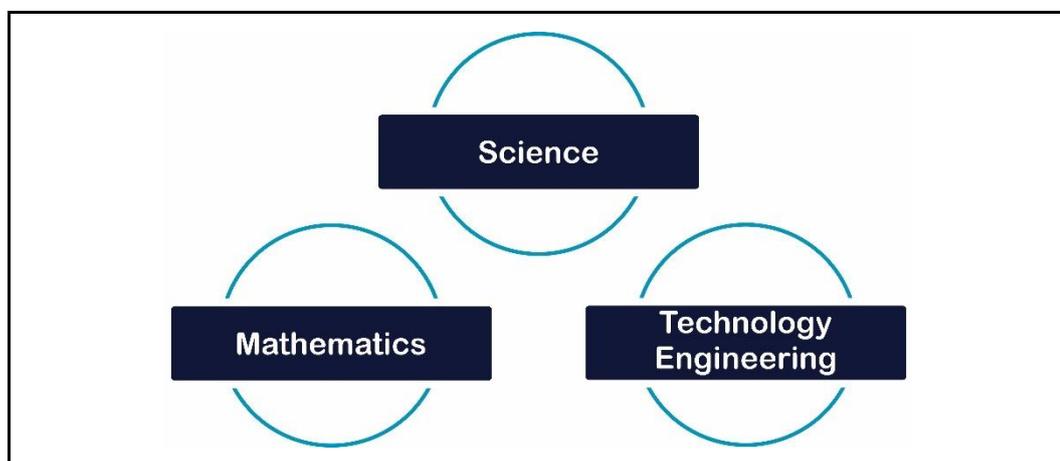
- a. Tidak semua siswa akrab dengan pendekatan STEM.
- b. Diperlukan pemahaman ilmiah yang kuat dalam kerjasama (*collaboration*).
- c. Kurangnya pemahaman terhadap konsep pembelajaran yang akan diimplementasikan.

2.3.6 Tiga Pendekatan STEM

Dalam konteks STEM, pendekatan atau model pembelajaran merujuk pada tiga model yang umumnya dikenal (Juniaty et al., 2016), yaitu STEM *siloes* (silo), STEM *integrated* (terpadu), dan STEM *embedded* (tertanam).

a. STEM *Siloed* (Silo)

Model ini merujuk pada pembelajaran yang terisolasi antar domain STEM, ini melibatkan penyajian materi STEM secara terpisah dan mandiri, tanpa terlalu banyak integrasi antar mata pelajaran. Ilustrasi ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



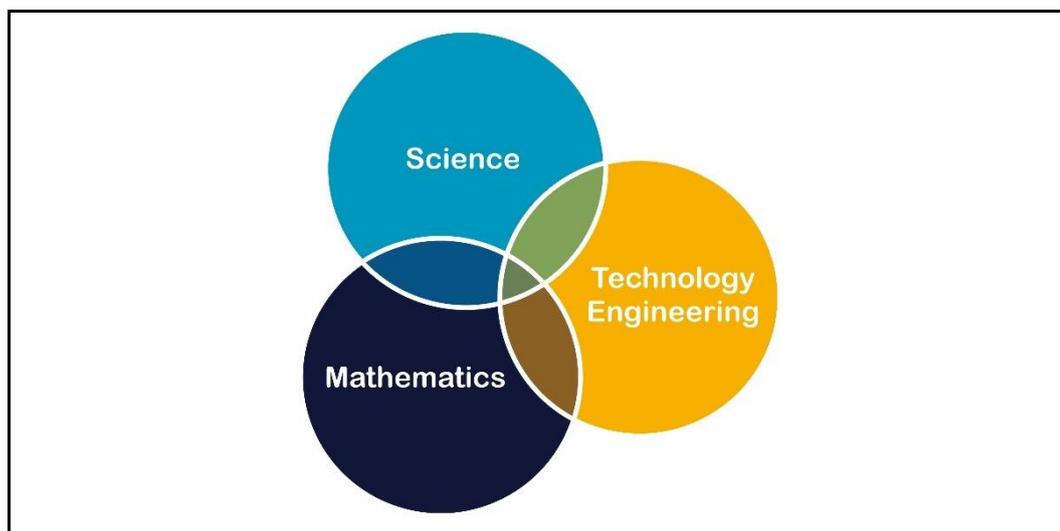
Gambar 2.1 Ilustrasi Pendekatan Silo

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa setiap bulatan merepresentasikan disiplin STEM yang diajarkan secara terpisah. Menurut Rustaman (2016), kelemahan potensial yang terkait dengan pendekatan Silo adalah:

- 1) Pendekatan Silo mungkin mengurangi dampak positif yang diharapkan dari pembelajaran STEM, karena dapat mengurangi minat siswa terhadap bidang STEM tertentu. Ketidakmampuan siswa untuk mengalami integrasi alamiah antara konsep STEM dalam konteks dunia nyata, tanpa praktik, dapat menjadi hambatan bagi kemajuan akademis mereka. Pendekatan Silo cenderung mendorong penggunaan metode ceramah daripada praktik, sementara penelitian menunjukkan bahwa kegiatan praktik lebih disukai oleh siswa dalam proses pembelajaran.
- 2) Pendekatan Silo menitikberatkan pada materi pelajaran, yang dapat mengurangi dorongan untuk keterlibatan lintas kurikuler dan pemahaman siswa terkait penerapan konsep yang dipelajari.

b. STEM *Integrated* (Terpadu)

Model ini mencoba mengintegrasikan dua atau lebih mata pelajaran STEM dalam satu proyek atau kurikulum. Integrasi dapat terjadi pada level konsep, keahlian, atau proyek bersama. Tujuannya adalah untuk menunjukkan bagaimana disiplin ilmu berhubungan satu sama lain dalam konteks dunia nyata.



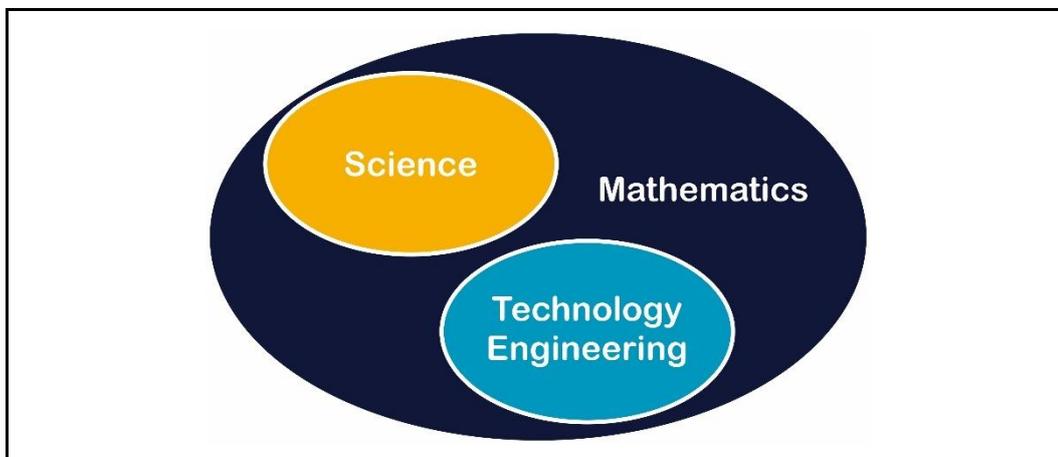
Gambar 2.2 Ilustrasi Pendekatan Terpadu

Gambar 2.2 menggambarkan bahwa materi STEM diajarkan seakan-akan menjadi satu mata pelajaran tunggal. Proses integrasi ini melibatkan setidaknya dua disiplin, menciptakan hubungan yang erat antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Di tingkat pendidikan dasar dan menengah di Indonesia, salah satu pendekatan integratif yang dapat diadopsi tanpa mengubah struktur kurikulum adalah melalui pendekatan terpadu. Pendekatan ini memberikan ruang bagi keterlibatan beragam konsep dan keterampilan dari berbagai disiplin ilmu STEM, sehingga siswa dapat memahami bagaimana setiap elemen saling terkait dan berkontribusi satu sama lain.

c. STEM *Embedded* (Tertanam)

Model ini mencakup pengintegrasian STEM dalam konteks pelajaran yang lebih luas. STEM menjadi bagian dari pembelajaran sehari-hari dan terintegrasi secara alami dengan kurikulum utama. Tujuannya adalah agar pembelajaran STEM menjadi suatu yang terwujud dalam konteks yang lebih luas dan alami. Dalam

pendekatan tertanam, suatu subjek lebih ditekankan untuk mempertahankan integritasnya.



Gambar 2.3 Ilustrasi Pendekatan Tertanam

Dalam Gambar 2.3, bidang teknologi, rekayasa dan sains diintegrasikan ke dalam bidang matematika. Pendekatan tertanam, sebagai alternatif dari pendekatan Silo, muncul sebagai inovasi yang memperkaya pengalaman belajar. Perbedaannya terletak pada peningkatan pembelajaran melalui penghubungan materi utama dengan materi lain yang mungkin tidak diutamakan, namun secara keseluruhan terintegrasi secara signifikan.

Dalam penelitian ini, peneliti menerapkan *STEM Embedded* (Tertanam). Pilihan menggunakan pendekatan STEM tertanam dipilih karena fokusnya pada peningkatan pembelajaran melalui pengaitan materi utama (matematika) dengan materi lain yang tidak diutamakan atau materi lain sebagai pendukung. Pendekatan tertanam dianggap sebagai metode yang efektif dalam konteks pembelajaran STEM. cenderung lebih reflektif terhadap hubungan antar disiplin ilmu dan aplikasinya. Dengan demikian, siswa tidak hanya mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam dalam matematika, tetapi juga dapat melihat keterkaitan dan aplikasi konsep-konsep tersebut dalam konteks teknologi, rekayasa, dan sains.

2.4 Penerapan Model *Project-based Learning* (PjBL) dengan Pendekatan STEM

Menurut Laboy-Rush (2010), *Project-based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEM yang efektif melibatkan lima langkah utama, masing-masing bertujuan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang spesifik dalam membimbing siswa. Model pembelajaran PjBL ini dianjurkan dalam Kurikulum Merdeka sebagai metode yang komprehensif, sementara STEM berfungsi sebagai strategi besar dalam pengembangan keterampilan dan pemahaman. Berikut ini adalah tahapan pembelajaran PjBL berbasis STEM yang efektif:

1). Tahap 1: *Reflection*

Tahap pertama ini bertujuan untuk memperkenalkan siswa pada konteks permasalahan dan membangkitkan minat mereka terhadap aspek-aspek yang bisa segera mereka selidiki. Fase ini juga dirancang untuk menjembatani antara apa yang sudah diketahui siswa dengan hal-hal yang masih perlu dipelajari, sehingga mereka lebih siap untuk memulai proses eksplorasi.

2). Tahap 2: *Research*

Tahap kedua melibatkan penelitian oleh siswa, di mana guru memberikan pembelajaran sains serta memilih sumber bacaan atau metode lain untuk mengumpulkan informasi yang relevan. Banyak pembelajaran terjadi selama fase ini, di mana siswa bergerak dari pemahaman masalah yang konkret ke tingkat yang lebih abstrak. Selama fase penelitian ini, guru akan lebih aktif memimpin diskusi untuk memastikan bahwa siswa mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat terkait proyek dan konsep yang relevan.

3). Tahap 3: *Discovery*

Tahap *discovery* berfungsi sebagai jembatan antara penelitian yang telah dilakukan dan informasi yang telah diketahui, serta kebutuhan proyek. Langkah ini dimulai ketika siswa mulai belajar secara mandiri dan mengidentifikasi apa yang masih perlu mereka ketahui. Beberapa model PjBL-STEM membagi siswa menjadi kelompok kecil untuk menyajikan kemungkinan solusi terhadap masalah, berkolaborasi dengan teman sekelas, dan membangun interaksi di antara anggota kelompok. Model lain menggunakan langkah ini untuk mengembangkan

kemampuan siswa dalam merefleksikan “kebiasaan berpikir” yang ingin dibangun melalui proses pembelajaran tersebut.

4). Tahap 4: *Application*

Pada tahap *Application*, tujuannya adalah untuk memodelkan dan menguji solusi yang cukup dalam memecahkan masalah. Dalam beberapa kasus, siswa menguji model terhadap ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, yang hasilnya mengarahkan siswa untuk mengulangi langkah sebelumnya. Dalam model lain, tahap ini memperluas pembelajaran ke konteks di luar STEM atau untuk memungkinkan hubungan antar disiplin ilmu STEM.

5). Tahap 5: *Communication*

Tahap terakhir dalam setiap proyek adalah menyajikan model dan solusi kepada rekan-rekan siswa serta di depan kelas. Langkah ini sangat penting dalam proses pembelajaran karena bertujuan untuk mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi, serta kemampuan siswa dalam menerima dan menerapkan umpan balik yang konstruktif. Sering kali, penilaian dilakukan berdasarkan hasil akhir yang diselesaikan oleh siswa.

2.5 Multimedia Interaktif

2.5.1 Definisi Multimedia Interaktif

Sebagai alat, media memiliki tujuan untuk menyampaikan pesan dengan materi pelajaran adalah pesan yang dimaksud. Media pembelajaran mencakup perangkat fisik yang digunakan guru untuk mengantarkan konten pembelajaran, termasuk tetapi tidak terbatas pada buku, pemutar kaset, rekaman kaset, kamera video, perekam video, film, presentasi slide, foto, ilustrasi, grafik, televisi, dan komputer (Ninghardjanti et al., 2021). NEA (*National Education Association*) mengartikan media sebagai semua objek yang bisa dimanipulasi, diobservasi, didengarkan, dibaca, atau dibahas, bersama dengan alat yang digunakan untuk aktivitas tersebut (Fidhyallah et al., 2021). Definisi ini mencakup berbagai bentuk media, baik dalam bentuk fisik maupun digital, serta menekankan bahwa media tidak hanya bersifat observasional, tetapi juga melibatkan interaksi aktif dan penggunaan alat-alat yang

mendukung berbagai kegiatan pembelajaran dan komunikasi. Dengan demikian, media pembelajaran mencakup beragam perangkat fisik dan sarana seperti buku, pemutar kaset, kamera video, komputer, dan lainnya, termasuk objek yang dapat dimanipulasi, diobservasi, didengarkan, dibaca, atau dibahas dengan menggunakan alatnya.

Media pembelajaran tidak hanya memiliki potensi untuk menggantikan sebagian tugas guru dalam menyajikan materi, tetapi juga memiliki keunikan dan potensi khusus yang dapat memberikan bantuan kepada siswa dalam proses belajar. Kalimat ini merujuk pada sifat khusus atau karakteristik yang dimiliki oleh berbagai jenis alat atau materi yang digunakan dalam proses pembelajaran. Dengan memanfaatkan media pembelajaran, siswa dapat lebih interaktif dan terlibat secara langsung dalam pemahaman konsep-konsep pelajaran, memperkaya pengalaman belajar mereka, dan meningkatkan retensi informasi. Dengan demikian, penggunaan media pembelajaran tidak hanya memperluas peran guru, tetapi juga memberikan dimensi baru dalam mendukung efektivitas pembelajaran secara menyeluruh. Keunikan ini dapat mencakup berbagai aspek, seperti visual, auditif, interaktif, atau multimedia.

Multimedia adalah hasil penggabungan beragam elemen media atau format file yang berbeda untuk menciptakan suatu presentasi atau aplikasi yang lebih kaya dan kompleks. Dalam suatu proyek multimedia, elemen-elemen ini diintegrasikan bersama untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih holistik dan menarik. Semua ini telah dirangkai menjadi file digital yang terkomputerisasi, dimaksudkan untuk mengungkapkan informasi kepada pengguna. Multimedia merupakan kombinasi data atau media yang digunakan untuk menyajikan materi pembelajaran atau informasi secara lebih menarik, sehingga pesan atau informasi dapat disampaikan dengan daya tarik yang lebih besar (Sadiman et al., 2014).

Program multimedia pembelajaran memberikan siswa kesempatan untuk memiliki kebebasan dan pengalaman pribadi yang lebih luas dalam memahami materi pelajaran. Dengan demikian, mereka dapat menyesuaikan kecepatan dan frekuensi

pengulangan program secara independen hingga benar-benar memahami bahan pelajaran. Program multimedia pembelajaran harus mampu menghasilkan lingkungan belajar yang menarik dan tidak membosankan. Beberapa aspek untuk mencapai hal tersebut, yaitu:

- a. *Feedback*, dimana Setelah siswa memberikan respons, mereka akan mendapatkan tanggapan berupa pujian, peringatan, atau petunjuk khusus untuk menunjukkan kebenaran atau ketidakbenaran respons tersebut.
- b. *Branching*. Jika siswa belum memahami suatu bagian, perlu dilakukan pengulangan atau memberikan latihan-latihan tambahan pada bagian tersebut.
- c. *Evaluation*. Hasil penilaian sebaiknya dapat terdokumentasi secara otomatis, memungkinkan pendidik untuk memantau kapan pun diperlukan, bahkan selama siswa sedang dalam proses pembelajaran, guna mengevaluasi sejauh mana pemahaman mereka terhadap materi.
- d. *Progress Monitoring*. Efektivitas program multimedia pembelajaran dapat ditingkatkan dengan memberikan informasi kepada siswa mengenai area kerja, materi pokok yang akan diangkat dalam pembelajaran, dan sasaran yang akan dicapai setelah menyelesaikan program tersebut.
- e. *Layout*, Program multimedia pembelajaran yang dilakukan melalui layar monitor memerlukan perencanaan yang cermat, termasuk aspek informasi dan keterbacaan yang baik (Sunyoto, 2010).

Berdasarkan beberapa definisi yang telah dijelaskan, multimedia interaktif merupakan gabungan berbagai jenis media yang mampu memberikan interaktivitas. Oleh karena itu, multimedia dianggap sebagai bentuk komunikasi yang beragam, menggunakan perangkat komputer atau teknologi sejenisnya.

2.5.2 Karakteristik Media dalam Multimedia Interaktif

Penggunaan multimedia telah membawa kontribusi positif dalam pengalaman pembelajaran. Namun, pada kenyataannya, diperlukan upaya lebih lanjut dalam memperkenalkan manfaat tersebut kepada guru-guru. Hal ini karena para pendidik menghadapi kesulitan dalam mengikuti transformasi yang dihadirkan. Dengan demikian, diperlukan upaya lebih lanjut untuk memberikan bimbingan dan

pendampingan kepada para guru agar dapat lebih efektif menggunakan multimedia dalam aktivitas belajar-mengajar. Selain itu, peningkatan pemahaman terhadap manfaat multimedia dan cara optimal mengaplikasikannya dalam konteks pengajaran juga perlu menjadi fokus. Seiring dengan itu, mendukung akses yang lebih mudah dan fasilitas yang memadai untuk para guru dalam mengadopsi teknologi multimedia dapat menjadi langkah penting dalam mengatasi hambatan-hambatan yang dihadapi dalam memanfaatkan potensi multimedia untuk peningkatan kualitas pembelajaran.

Torrison & Davis (2000) melakukan penelitian dalam pengembangan materi multimedia online. Temuan studi menyoroti beberapa isu utama yang diungkapkan dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan. Guru diminta untuk mengenali kompetensi utama yang menurut mereka seharusnya dikembangkan oleh siswa sebagai hasil dari mempelajari subjek tersebut. Masing-masing guru juga diminta untuk menguraikan bagaimana mereka merancang inisiatif pengembangan pembelajaran yang bertujuan memadukan teknologi multimedia secara efektif di lingkungan sekolah. Hal ini mencakup penyesuaian dengan kebutuhan siswa dan mempertimbangkan kemampuan mereka dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Sebagai bagian integral dari sistem pembelajaran, memilih dan menggunakan multimedia pembelajaran perlu mempertimbangkan sifat-sifat komponen lainnya, termasuk tujuan, materi, strategi, dan evaluasi pembelajaran. Oleh karena itu, ciri khas dari multimedia pembelajaran mencakup:

- a. Menggabungkan beragam media yang berkonvergensi, seperti menyatukan unsur audio dan visual.
- b. Bersifat interaktif, yang berarti adaptif terhadap respons pengguna.
- c. Bersifat mandiri, menyajikan materi dengan cara yang *user-friendly* dan informatif, memungkinkan pengguna untuk mengaksesnya secara mandiri.
- d. Mampu memberi peluang kepada siswa untuk mengendalikan tempo belajar mereka sendiri.
- e. Mengizinkan pengguna untuk aktif berpartisipasi dengan merespons, termasuk memberikan jawaban, membuat keputusan, atau melakukan eksperimen.

- f. Selain memenuhi ciri-ciri yang telah dijelaskan, multimedia pembelajaran mampu meningkatkan tanggapan pengguna dengan segera dan sebanyak mungkin.

2.5.3 Manfaat Multimedia Interaktif

Secara umum, keuntungan dari multimedia interaktif mencakup peningkatan ketertarikan dan interaksi dalam proses pembelajaran, peningkatan kualitas belajar siswa, pengurangan waktu mengajar, fleksibilitas dalam pelaksanaan pembelajaran di berbagai waktu dan tempat, serta peningkatan sikap belajar siswa. Manfaat dari multimedia pembelajaran adalah:

- a. Memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang dunia mikroskopis yang tidak terlihat secara langsung oleh mata manusia..
- b. Menyusutkan objek yang besar yang tidak mungkin hadir di lingkungan sekolah.
- c. Mengombinasikan elemen-elemen media berbeda, seperti teks, gambar, suara, dan video, guna meningkatkan daya tarik pembelajaran multimedia.
- d. Menampilkan objek atau kejadian yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi, kesulitan, dan berlangsung dengan cepat atau lambat.
- e. Meningkatkan minat dan perhatian siswa (Surjono, 2017).

2.5.4 Kelebihan dan Kelemahan Multimedia Interaktif

Munadi (2009) menyajikan beberapa keunggulan dan kelemahan multimedia interaktif sebagai alat pembelajaran. Adapun keunggulan multimedia interaktif meliputi:

- a. Interaktif, yang berarti dapat digunakan oleh siswa secara perorangan (individu), dengan fokus pada partisipasi aktif melalui penggunaan elemen auditif, visual, dan kinetik sehingga memudahkan pemahaman informasi oleh siswa.
- b. Merangsang indra dan menarik minat dengan menggabungkan aspek visual, suara, dan gerakan.

- c. Memberikan atmosfer afektif secara personal, yang berarti dapat mengakomodasi siswa yang membutuhkan waktu lebih lama dalam memperoleh pemahaman materi karena dilakukan secara individual. Tidak ada kelewatan, tidak ada kebosanan, dan sangat bersabar dalam menjalankan instruksi sesuai dengan preferensi siswa.
- d. Menyampaikan *feedback* yang informatif terkait dengan pencapaian hasil belajar siswa.

Kelemahan dari multimedia interaktif adalah:

- a. Desain yang kurang baik dapat mengakibatkan kebingungan dan kebosanan, menyebabkan pesan tidak dapat disampaikan dengan efektif.
- b. Tahapan Pengembangannya membutuhkan waktu yang cukup panjang..

2.5.5 Elemen-Elemen Multimedia Interaktif

Menurut Munir (2015), Pemanfaatan beragam jenis media yang disempurnakan dengan unsur interaktif dalam penyampaian informasi merujuk pada pendekatan yang menggabungkan berbagai bentuk media dengan elemen interaktif. Dengan demikian, media tersebut tidak hanya menjadi saluran pasif yang menyampaikan informasi, tetapi juga melibatkan pengguna secara aktif dalam proses pembelajaran. Di bawah ini adalah penjelasan mengenai elemen-elemen multimedia, meliputi:

a. Teks

Teks disusun dengan menggabungkan kalimat-kalimat agar dapat menjelaskan materi pembelajaran secara simpel dan jelas sehingga pembaca dapat memahaminya dengan mudah. Teks merupakan unsur yang esensial dalam penggunaan komputer dan menjadi fondasi utama dalam pemrosesan kata berbasis multimedia. dengan kemampuannya yang mudah disimpan, teks juga bisa menjadi sarana ideal untuk memberikan penjelasan pada gambar dengan detail.

b. Gambar

Sebagai elemen visual, gambar dapat memberikan pemahaman instan terhadap informasi yang ingin disampaikan. Melalui penggunaan komputer atau perangkat lunak, gambar dapat dikembangkan dan diperbaharui untuk memberikan dampak

visual yang lebih menarik dan efisien dalam pembelajaran multimedia. Pemanfaatan gambar dalam pembelajaran multimedia mampu memberikan deskripsi yang lebih jelas dan memikat. Contoh dari unsur gambar (*image*) dapat berupa foto.

c. Grafik

Grafik merupakan unsur krusial dalam multimedia, dan gambar adalah sebuah contoh konkret dari penerapan grafik di dalamnya. Grafik merupakan elemen media yang sesuai untuk menyampaikan informasi. Ketertarikan manusia cenderung lebih pada aspek visual, sehingga informasi yang disajikan secara visual bisa lebih sederhana dalam memahami dalam menyampaikan jenis informasi yang hendak dikomunikasikan.

d. Video

Video adalah format media yang mampu menggambarkan simulasi dari objek nyata. Video merupakan alat untuk menyampaikan informasi yang memiliki keunggulan, yakni keberdayaannya dalam menarik perhatian, memberikan presentasi secara langsung, dan efektif. Video memiliki keunggulan dalam menyampaikan informasi kompleks atau menggambarkan proses yang sulit dijelaskan hanya dengan teks atau gambar. Sebagai elemen multimedia, video dapat memperkaya pengalaman pengguna dengan menyajikan konten secara dinamis dan menarik.

e. Animasi

Animasi adalah output dari penyatuan teks, gambar, dan suara dalam satu urutan pergerakan. Dalam multimedia, animasi digunakan untuk memvisualisasikan konsep atau informasi dengan cara yang dinamis dan menarik. Untuk menciptakan pergerakan dalam animasi, diperlukan pemanfaatan teknologi komputer. Penyajian informasi dan cerita dapat lebih efektif dengan menggunakan animasi dengan daya tarik visual yang tinggi, selain dari penggunaan elemen video.

f. Audio

Audio dalam media pembelajaran mencakup segala bentuk suara yang digunakan untuk menyampaikan informasi atau pesan. Penggunaan elemen audio dapat mencakup beberapa aspek, termasuk narasi, suara latar, intervensi audio, dan

rekaman. Suara bisa diakses untuk keperluan latar belakang yang menceritakan informasi/pesan dan sejenisnya. Di lain sisi, pemanfaatan audio dapat meningkatkan retensi ingatan pendengar. Dalam multimedia pembelajaran, narasi dapat disertakan bersama dengan gambar atau teks untuk menjelaskan informasi dengan lebih baik.

g. Interaktivitas

Elemen interaktivitas adalah unsur krusial dalam multimedia yang bersifat interaktif. Elemen interaktivitas adalah salah satu elemen penting dalam multimedia yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan konten secara langsung. Ini mencakup kemampuan untuk berpartisipasi, mengendalikan, dan merespons elemen-elemen multimedia. Interaktivitas dapat meningkatkan keterlibatan pengguna, memberikan pengalaman yang lebih personal, dan memungkinkan adaptasi konten sesuai dengan tanggapan atau keputusan pengguna, sehingga dapat disebut *Interactive Multimedia*.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa terdapat tujuh elemen dalam multimedia. Oleh karena itu, dalam pengembangan multimedia interaktif, diinginkan adanya kehadiran beberapa atau bahkan seluruh elemen tersebut.

2.5.6 Penyajian Multimedia Interaktif

Salah satu tujuan penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah untuk melengkapi dan mendukung elemen-elemen yang ada dalam kegiatan belajar mengajar, seperti tujuan, materi, metode, dan alat penilaian. Oleh karena itu, diperlukan beberapa bentuk penyajian multimedia (Yuberti & Saregar, 2017).

a. Penyajian secara linier

Presentasi multimedia yang bersifat linear berarti program multimedia dijalankan secara berurutan, dimulai dari awal dan berakhir pada akhir. Dimana dapat mengontrol jalannya program dengan melakukan tindakan seperti menghentikan video atau animasi, serta memulai kembali untuk melanjutkan (*play*, *Stop*, dan *pause*).

b. Penyajian secara Non-linier

Pada multimedia yang disajikan secara non-linier, pengguna memiliki kemampuan untuk berinteraksi dan mengendalikan urutan materi sehingga memiliki cabang yang dapat diakses ke berbagai arah. Jenis multimedia ini contohnya adalah program pembelajaran yang dilengkapi dengan kuis yang dapat dijawab, dan memberikan umpan balik secara langsung.

2.5.7 Multimedia Pembelajaran Interaktif

Multimedia interaktif adalah jenis multimedia yang dilengkapi dengan kontrol perangkat, memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dan berpartisipasi secara aktif dengan konten multimedia. Kontrol perangkat ini dapat berupa tombol, menu, atau elemen interaktif lainnya yang memungkinkan pengguna untuk memilih, mengubah, atau menjelajahi konten sesuai dengan keinginan mereka. Pengguna memiliki peran penting dalam menentukan bagaimana multimedia tersebut berlangsung. Sedangkan pembelajaran mengacu pada suatu tahap atau langkah dalam suatu proses yang menciptakan kondisi di mana terjadi kegiatan belajar di dalamnya. Di lain sisi, multimedia pembelajaran adalah penerapan multimedia dalam proses pembelajaran, dimana penyampaian materi melibatkan penggunaan berbagai media. Menurut Surjono (2017), multimedia pembelajaran interaktif merujuk pada penggabungan elemen-elemen media dalam sebuah pembelajaran. Program ini terintegrasi dengan bantuan komputer untuk mencapai tujuan pembelajaran, dan *user* memiliki kapabilitas untuk terlibat secara aktif dengan program tersebut.

Berdasarkan beberapa definisi yang telah disebutkan, multimedia pembelajaran interaktif adalah multimedia interaktif yang dilibatkan dalam proses pembelajaran. Multimedia ini dirancang untuk menyampaikan materi pembelajaran dan mencapai tujuan pembelajaran. Selain itu, multimedia ini juga menawarkan interaktifitas bagi penggunanya.

2.6 *MIT App Inventor*

2.6.1 Definisi *MIT App Inventor*

Awalnya, *app inventor* yang dikelola oleh *Google Labs* adalah platform pembuat aplikasi yang dirancang untuk mempermudah pembuatan aplikasi mobile tanpa memerlukan pengetahuan pemrograman yang mendalam. Untuk menciptakan aplikasi Android menggunakan *App Inventor*, diperlukan akses internet dan penggunaan peramban (*browser*) (Negara et al., 2019). Proyek ini pertama kali diperkenalkan oleh *Google* pada tahun 2010 sebagai proyek *open-source*. Namun, pada tahun 2011, *Google* mengumumkan bahwa mereka akan menutup layanan tersebut.

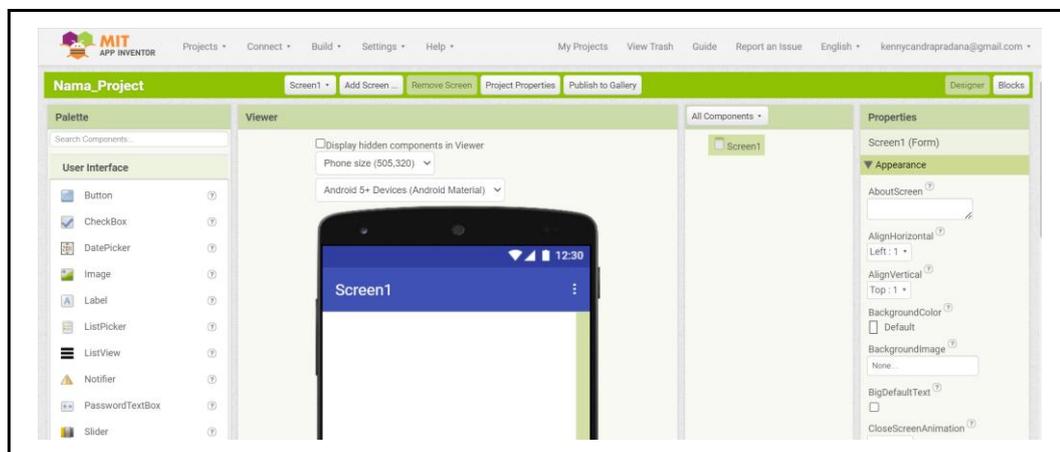
Setelah itu, *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) mengambil alih pengembangan *MIT App Inventor* pada tahun 2011. MIT kemudian menjadikannya proyek sumber terbuka yang dijalankan oleh *MIT Center for Mobile Learning*. Sejak saat itu, *MIT App Inventor* terus berkembang dan menjadi platform populer untuk pendidikan dan pengembangan aplikasi Android tanpa harus memiliki keterampilan pemrograman tingkat lanjut. Dengan demikian, *MIT App Inventor* telah berkembang dari proyek eksperimental *Google* menjadi platform pembuat aplikasi yang kuat, didukung oleh MIT dan komunitas pengembang yang besar.

MIT App Inventor memungkinkan pengguna untuk mendesain aplikasi Android dengan cara yang praktis dan mudah tanpa perlu menggunakan kode program yang kompleks (Mikolajczyk et al., 2018). Hal ini sangat memudahkan pengguna yang baru untuk membuat aplikasi perangkat lunak Android. Aplikasi ini dirancang secara fleksibel untuk digunakan oleh berbagai lapisan masyarakat tanpa memandang latar belakang pendidikan, yang ingin menciptakan aplikasi Android.

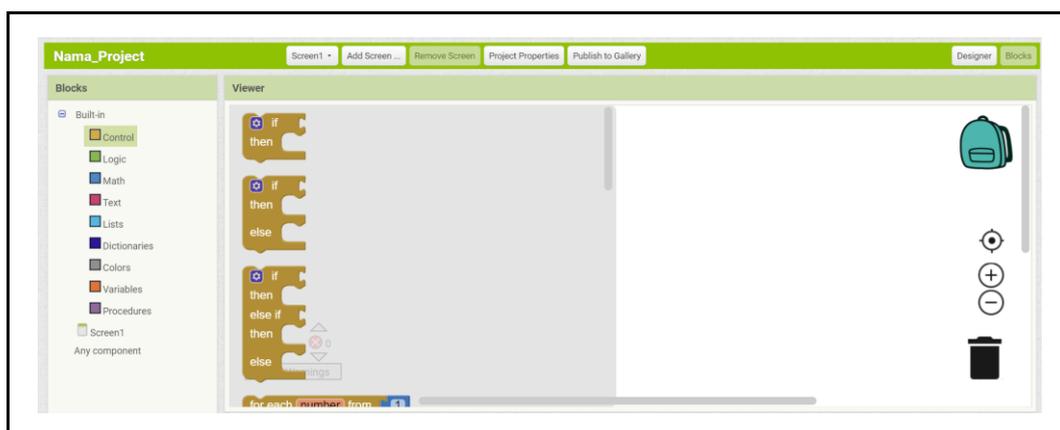
App Inventor menggunakan antarmuka grafis yang memanfaatkan fitur dukungan *drag-and-drop* (seret dan lepas) untuk memudahkan pengguna dalam membuat aplikasi tanpa perlu menulis kode secara manual. Dengan antarmuka ini, pengguna dapat merancang *user interface* (UI) aplikasi dan mengatur logika program

menggunakan blok-blok pemrograman visual yang disediakan. Pada saat terakhir pembaruan pengetahuan saya pada Januari 2022, *App Inventor* direkomendasikan untuk digunakan dengan *Google Chrome* untuk memastikan kompatibilitas dan performa optimal (Afifudin, 2018). Penggunaan *Google Chrome* akan memastikan pengalaman pengguna yang lancar dan meminimalkan potensi masalah teknis. Selain itu, akses melalui peramban tersebut dapat meningkatkan kinerja dan responsivitas *platform*, membantu perancang dalam proses kreatif mereka tanpa hambatan yang tidak perlu.

2.6.2 Komponen *MIT App Inventor*



Gambar 2.4 Tampilan Halaman *Designer* Pada *Platform MIT App Inventor*



Gambar 2.5 Tampilan Halaman *Blocks* Pada *Platform MIT App Inventor*

MIT App Inventor mempunyai tiga komponen utama, yang meliputi *Designer*, *Block*, dan *Emulator*.

a. *Designer*

Pada komponen *designer* juga terdapat komponen-komponen yang menyusunnya, antara lain *Palette*, *Viewer*, *Components*, dan *Properties* (Mulyana, 2012).

b. *Blocks*

Bagian ini memuat blok-blok kode yang terkait dengan setiap komponen yang kita pilih dan ingin dioperasikan.

c. *Emulator*

Bagian ini bermanfaat untuk menjalankan dan menguji proyek yang telah dibuat (Yoyon, 2018).

2.6.3 Tipe dan Jenis *MIT App Inventor*

a. *Game and Fun*

Bisa difungsikan sebagai sarana hiburan, seperti permainan teka-teki atau *puzzle*, dan juga sebagai alat pendidikan untuk proses pembelajaran..

b. Edukasi

App inventor bisa dimanfaatkan untuk membuat aplikasi yang mendukung proses pembelajaran.

c. Layanan Berbasis Lokasi

Ada komponen yang memungkinkan aplikasi Anda membaca koordinat GPS dari perangkat pengguna untuk mendapatkan informasi seperti lintang, bujur, kecepatan, dan ketinggian, sehingga memungkinkan pembuatan aplikasi dengan integrasi informasi lokasi.

d. Komunikasi

App Inventor menyediakan beberapa komponen yang memungkinkan komunikasi dengan berbagai layanan dan perangkat, seperti melakukan panggilan, mengirim SMS, dan mengakses koneksi internet (Yoyon, 2018).

2.6.4 Kelebihan dan Kekurangan *MIT App Inventor*

MIT App Inventor memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya menjadi platform yang sangat *user-friendly* dan dapat diakses oleh berbagai kalangan.

- 1). Pengguna dapat menggunakan blok kode pemrograman visual blok yang telah tersedia, sehingga tidak perlu menghadapi kompleksitas dalam menulis kode program secara manual.
- 2). Proses pengembangan aplikasi menjadi lebih sederhana dengan hanya menarik dan meletakkan komponen-komponen yang diperlukan dari palet ke tampilan aplikasi, memungkinkan pengguna untuk dengan mudah merancang aplikasi sesuai kebutuhan mereka.
- 3). Kemampuan *App Inventor* untuk dimanfaatkan oleh orang yang belum memiliki keahlian dalam *coding* dan pemrograman, sehingga membuka peluang bagi lebih besar bagi orang untuk terlibat dalam pengembangan aplikasi.
- 4). Dalam melakukan uji coba, *App Inventor* memberikan tiga opsi pengujian, termasuk menggunakan emulator, *Wi-Fi*, atau menghubungkan melalui kabel USB, memberikan fleksibilitas dalam proses pengembangan dan pengujian aplikasi (Wahana Komputer, 2013).

MIT App Inventor, meskipun memiliki kelebihan, juga memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan.

- 1). Aplikasi ini berbasis web dan mengharuskan pengguna untuk terhubung ke internet serta mendaftar menggunakan alamat email. Meskipun tersedia versi yang dapat digunakan tanpa koneksi internet, pengguna perlu menginstal *App Inventor* di laptop atau komputer mereka untuk mengaksesnya.
- 2). Pengguna harus menyusun elemen-elemen dalam aplikasi mereka sendiri agar tampak menarik, karena halaman awal perancangan aplikasi ini sepenuhnya kosong.
- 3). Penampilan saat merancang dan ketika aplikasi sudah selesai kadang dapat memiliki perbedaan, sehingga memerlukan perhatian ekstra agar aplikasi terlihat dan berfungsi sesuai yang diinginkan oleh pengguna (Mulyana, 2012).

2.7 Definisi Operasional

Untuk mencegah kesalahan interpretasi istilah dalam penelitian ini, ada beberapa istilah yang perlu dijelaskan, antara lain:

- 2.6.1 Multimedia interaktif merupakan gabungan elemen-elemen media dalam suatu perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi secara langsung
- 2.6.2 *Project-based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang melibatkan siswa dalam tugas atau proyek yang menantang secara nyata, memungkinkan mereka untuk mengembangkan pemahaman konsep dan keterampilan melalui pengalaman praktis.
- 2.6.3 Pendekatan STEM adalah pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yakni Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika, dengan menitikberatkan pada proses pembelajaran yang melibatkan eksplorasi dua domain atau lebih.
- 2.6.4 Kemampuan berpikir kritis dalam matematika melibatkan kemampuan untuk merumuskan masalah, menjustifikasi, dan menyelesaikan permasalahan dengan maksud untuk mengambil keputusan terbaik saat menghadapi permasalahan matematika.

2.8 Penelitian yang Relevan

Studi-studi terkait yang memiliki relevansi dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti melibatkan hal-hal berikut:

- 2.7.1 Penelitian Diani & Hartati (2018) melibatkan penggunaan *3D Pageflip Professional*, tetapi hanya fokus pada pengujian kelayakan dan tingkat daya tarik media tersebut. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini memanfaatkan *MIT App Inventor* dan juga menguji kemampuan berpikir kritis dalam konteks pengembangan media pembelajaran matematika.
- 2.7.2 Penelitian Risma (2019) menyatakan bahwa *Mobile Learning*, yang dikembangkan dengan bantuan *MIT App Inventor* menggunakan model 4D,

dianggap sesuai dan berhasil sebagai alat bantu pembelajaran untuk materi dasar-dasar logika. Studi sebelumnya menguji kelayakan dan efektivitasnya dengan metode tersebut, sementara peneliti menggunakan metode ADDIE dan mengevaluasi penerapannya pada kemampuan berpikir kritis.

- 2.7.3 Penelitian Nanda (2022) menyimpulkan bahwa penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM berpengaruh terhadap kemampuan *Computational Thinking* siswa dalam mata pelajaran matematika. Studi ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan pendekatan STEAM dalam konteks pembelajaran matematika. Sebaliknya, penelitian saat ini merupakan penelitian R&D yang bertujuan mengembangkan multimedia interaktif dengan pendekatan STEM untuk mata pelajaran matematika. Selain itu, aspek kemampuan yang dievaluasi juga berbeda.
- 2.7.4 Penelitian Syarifah (2022) menyatakan bahwa aplikasi matematika berbasis Android dalam bentuk buku digital dengan menggunakan *MIT App Inventor* secara positif memengaruhi kemampuan penalaran matematis siswa pada topik program linear di kelas X SMK. Penelitian ini dianggap layak digunakan berdasarkan hasil validasi oleh ahli media dan ahli materi, dan juga mendapatkan tanggapan yang sangat positif dari siswa. Meskipun penelitian sebelumnya lebih fokus pada peningkatan kemampuan penalaran matematis, penelitian ini difokuskan pada pengembangan media dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

2.9 Kerangka Berpikir

Matematika bukan hanya sebuah mata pelajaran, tetapi juga dasar penting untuk kemajuan dalam berbagai bidang ilmu. Pentingnya matematika dalam penguasaan pengetahuan dan teknologi menunjukkan betapa pentingnya kemampuan berpikir kritis bagi siswa di era modern. Kemampuan berpikir kritis menjadi kemampuan yang sangat dibutuhkan karena membantu siswa dalam menyelesaikan soal cerita atau masalah sehari-hari. Selain itu, kemampuan ini tidak hanya mendukung prestasi akademis, tetapi juga membentuk siswa menjadi individu yang siap menghadapi berbagai tantangan di masa depan.

Salah satu cara untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa adalah dengan menggunakan multimedia interaktif dalam pembelajaran. Multimedia interaktif adalah media pembelajaran yang menggabungkan teks, gambar, audio, video, dan fitur interaktif. Media ini memungkinkan siswa terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran, membantu mereka memahami konsep secara visual, dan menyampaikan informasi dengan cara yang sesuai dengan gaya belajar mereka. Dengan melibatkan siswa secara aktif, multimedia interaktif dapat membantu mereka melatih kemampuan berpikir kritis melalui pengalaman belajar yang lebih mendalam dan menarik.

Penggunaan multimedia interaktif menjadi lebih efektif jika siswa dan guru sudah familiar dengan platform yang digunakan. Dalam penelitian ini, multimedia interaktif dikembangkan menggunakan *MIT app inventor*, sebuah platform yang memungkinkan pembuatan aplikasi pembelajaran dengan fitur interaktif. Langkah-langkah pengembangan multimedia ini dirancang agar sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, sehingga siswa dapat dengan mudah mengakses materi dan mengulangi pelajaran kapan saja.

Agar penggunaan multimedia interaktif dapat secara maksimal meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, diperlukan model pembelajaran dan pendekatan yang tepat. Model *Project-based Learning* (PjBL) dan pendekatan dipilih karena mampu menciptakan pengalaman belajar yang relevan dan bermakna. PjBL berfokus pada pembelajaran berbasis proyek yang mendorong siswa untuk menyelesaikan tugas dengan hasil akhir yang jelas, seperti produk atau solusi nyata. Sementara itu, pendekatan STEM mengintegrasikan empat bidang ilmu, yaitu Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika, untuk melatih siswa berpikir kritis melalui penerapan konsep yang sistematis dan terarah.

Integrasi antara PjBL dan pendekatan STEM memungkinkan siswa untuk mengembangkan solusi terhadap masalah nyata dengan pendekatan yang kreatif dan inovatif. PjBL-STEM menekankan proses desain, di mana siswa diajak untuk memecahkan masalah dengan langkah-langkah yang logis dan terstruktur. Dalam

proses ini, multimedia interaktif berfungsi sebagai alat bantu yang memudahkan siswa untuk memahami konsep dan menerapkan pengetahuan mereka. Sinergi antara penggunaan multimedia interaktif, model PjBL, dan pendekatan STEM pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan lingkungan pembelajaran yang mendukung, siswa tidak hanya mendapatkan pemahaman akademis, tetapi juga keterampilan berpikir yang esensial untuk menghadapi tantangan dunia nyata.

Berdasarkan uraian tersebut, pembelajaran menggunakan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM akan membantu siswa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka.

2.10 Hipotesis Penelitian

Dengan merujuk pada rumusan masalah dan tinjauan teori, maka hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- a. Multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM memenuhi kriteria valid dan praktis.
- b. Multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

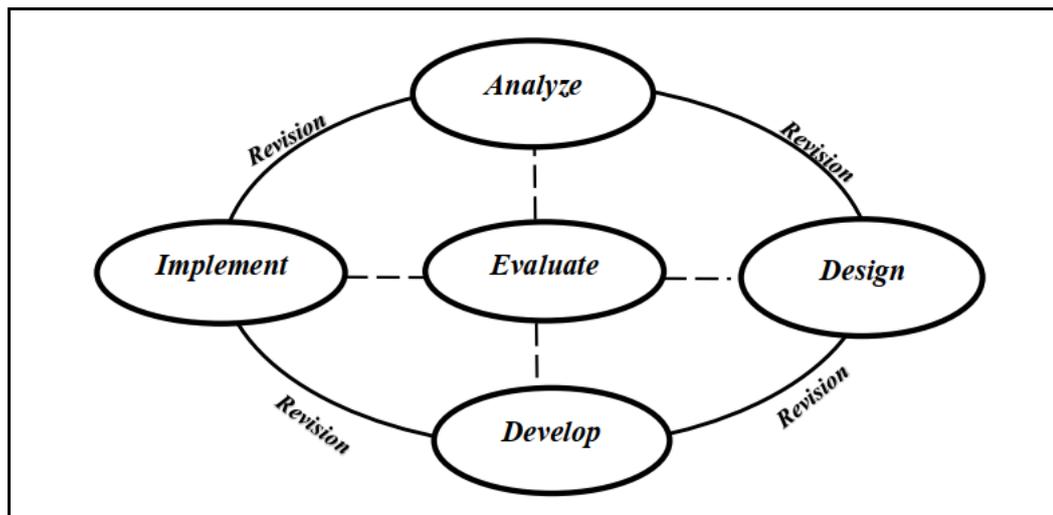
III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), yang diterapkan untuk menciptakan produk khusus dan mengevaluasi kinerja produk tersebut (Sugiyono, 2018). *Research and Development* merujuk pada jenis penelitian yang bertujuan untuk menciptakan dan mengevaluasi tingkat efektivitas suatu produk khusus (Maiyana & Mengkasrinal, 2017). Hasil pengembangan dalam penelitian ini adalah multimedia pembelajaran matematika interaktif menggunakan *MIT App Inventor*, pada materi pola bilangan untuk siswa SMP/MTs kelas VIII.

3.2 Desain Penelitian

Model pengembangan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah model ADDIE. Konsep ini diperkenalkan pada tahun 1967 dan dikembangkan oleh Robert A. Reiser dan Michael Molenda (Risal et al., 2022). Model ADDIE dipilih atas dasar lebih menekankan pada iterasi atau perulangan dan refleksi dimana evaluasi dilakukan secara terus menerus di setiap tahapan atau langkahnya (Harjanta & Herlambang, 2018). Langkah-langkah tersebut mencakup Analisis (*Analyze*), Rancangan (*Design*), Pengembangan (*Develop*), Implementasi (*Implement*), dan Penilaian (*Evaluate*).



Gambar 3.1 Desain Penelitian Model ADDIE

3.2.1 Tahap Analisis (*Analyze*)

Fokus dari tahap analisis adalah mengidentifikasi potensi penyebab ketidaksesuaian kinerja, khususnya dalam konteks proses pembelajaran (Branch, 2009). Terdapat 6 (enam) macam kegiatan pada tahap ini, meliputi antara lain:

a. Analisis Kesenjangan Kinerja (*Validate the Performance Gap*)

Langkah ini memiliki tujuan untuk membuat pernyataan terkait masalah, menemukan penyebab-penyebabnya, dan menemukan solusi atau cara mengatasi masalah atau permasalahan yang muncul. Analisis kesenjangan dilakukan dengan 3 kegiatan, yaitu penyebaran angket, tes, dan wawancara di SMP Negeri 4 Bandar Lampung. Penyebaran angket dilakukan pada tanggal 7 Februari 2024 yang ditujukan kepada siswa kelas VIII melalui pengisian *google form*. Selanjutnya, dilakukan kegiatan pengerjaan tes uraian untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa sebanyak 4 soal yang diujikan kepada 21 siswa kelas VIII. Wawancara juga dilakukan kepada guru SMP Negeri 4 Bandar Lampung yaitu Ibu Faila Sova, M.Pd. yang dilakukan pada tanggal yang sama.

b. Menetapkan Tujuan Instruksional (*Determine Instructional Goals*)

Menetapkan tujuan instruksional berfungsi untuk memperoleh tujuan sebagai penanggulangan kesenjangan kinerja yang dikarenakan pada kurangnya

keterampilan dan pengetahuan (Branch, 2009). Dengan memperhatikan masalah-masalah yang diidentifikasi, Peneliti menentukan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran. Capaian pembelajaran berupa siswa dapat mengenali, memprediksi, dan menggeneralisasi pola dalam bentuk susunan benda dan bilangan. Tujuan pembelajaran yang pertama adalah siswa dapat menentukan suku berikutnya pada pola barisan bilangan dengan cara menggeneralisasi pola bilangan sebelumnya. Tujuan pembelajaran kedua adalah siswa dapat menentukan rumus suku ke- n pada pola barisan bilangan segitiga dan bentuk lainnya dengan cara menggeneralisasi pola bilangan sebelumnya.

Penetapan hanya dua tujuan pembelajaran dalam analisis ini didasarkan pada pertimbangan untuk memastikan fokus dan kedalaman pemahaman siswa, sehingga mereka dapat lebih terarah dalam mengenali, memprediksi, dan menggeneralisasi pola bilangan tanpa terganggu oleh terlalu banyak target yang bisa menyebabkan pemahaman dangkal. Pembatasan ini juga mempertimbangkan keterbatasan waktu dan sumber daya, memungkinkan efisiensi dalam pembelajaran serta pengukuran dan evaluasi yang lebih efektif. Dengan mengutamakan kualitas daripada kuantitas, siswa dapat mencapai hasil belajar yang diharapkan tanpa merasa kewalahan, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

c. Mengidentifikasi Karakteristik Siswa (*Analyze Learners*)

Proses ini melibatkan identifikasi terhadap keterampilan, pengalaman, dan motivasi siswa. Data yang terkumpul akan mempengaruhi pengambilan keputusan dalam seluruh tahap ADDIE yang masih akan dilalui (Branch, 2009). Identifikasi karakteristik ini dilakukan menggunakan tes, angket, dan wawancara. Berdasarkan hasil tes diketahui bahwa siswa masih memiliki kemampuan berpikir kritis yang belum optimal. Soal yang selama ini diberikan masih didominasi dengan soal yang bersifat rutin, sehingga siswa akan merasa kesulitan dan mudah putus asa jika diberikan soal yang memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Diketahui dari hasil angket bahwa siswa adalah pengguna *smartphone android* aktif. Namun penggunaannya belum efektif dalam mendukung pembelajaran.

smartphone android lebih banyak dipakai untuk berselancar di Media Sosial. Tingginya pengguna aktif *smartphone android* tidak sejalan dengan penggunaannya sebagai alat dalam mendukung proses pembelajaran. Pernyataan ini didukung oleh hasil wawancara dengan guru mata pelajaran matematika bahwa siswa diperbolehkan membawa *smartphone android* ke sekolah, namun penggunaannya hanya saat istirahat. Itupun siswa gunakan untuk membuka hal-hal yang tidak berhubungan dengan pembelajaran. Saat pembelajaran, masih jarang guru yang menggunakan *smartphone android* untuk mendukung pembelajarannya.

d. Mengidentifikasi Sumber Daya (*Audit Available Resource*)

Identifikasi sumber daya dilakukan untuk menetapkan apa saja sumber daya yang diperlukan dan relevan pada pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM. Identifikasi ini dilakukan kesenjangan kinerja dan karakteristik siswa diketahui. Terdapat 3 jenis sumber daya yang dipertimbangkan untuk memastikan pengembangan yang efektif dan efisien, yaitu sumber daya isi, sumber daya teknologi, dan sumber daya manusia.

Sumber daya isi mencakup kurikulum dan konten yang akan diterapkan. Kurikulum yang digunakan di SMP Negeri 4 Bandar Lampung adalah Kurikulum Merdeka. Selanjutnya, materi pola bilangan (rumus-rumus yang digunakan dalam materi, dan contoh soal yang relevan).

Sumber daya teknologi meliputi perangkat lunak, perangkat keras, dan *platform* yang digunakan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan multimedia interaktif. Dalam hal ini, *smartphone Android* memainkan peran krusial sebagai perangkat keras yang digunakan oleh siswa untuk mengakses multimedia interaktif yang telah dikembangkan. Penggunaan *MIT App Inventor* menjadi salah satu teknologi utama dalam pengembangan aplikasi Android yang akan digunakan sebagai media pembelajaran. Tidak lupa penggunaan *Software Adobe Photoshop* dan *Corel Draw* sebagai alat desain yang memungkinkan pembuatan tampilan antarmuka yang menarik dan intuitif untuk aplikasi tersebut.

Sumber daya manusia mengacu pada orang-orang yang terlibat dalam proses pengembangan dan implementasi multimedia, termasuk pengembang, guru, dan siswa. Dua peran utama pengembang adalah *Designer* dan *Programmer*. Guru memainkan peran penting dalam membimbing siswa saat menggunakan multimedia interaktif, sementara siswa sebagai pengguna akhir juga harus memiliki keterampilan dasar untuk menggunakan teknologi tersebut secara efektif.

e. Menentukan Strategi Penyampaian Potensial (*Recommend Potential Delivery Systems*)

Strategi penyampaian yang akan dipilih bertujuan untuk mengevaluasi berbagai sistem penyampaian instruksional dan menyarankan opsi terbaik yang memiliki potensi untuk mengatasi kesenjangan. Peneliti menetapkan strategi penyampaian yang dapat digunakan yaitu penggunaan multimedia interaktif berbentuk aplikasi berbasis Android pada pembelajaran matematika berbasis proyek menggunakan pendekatan STEM. Produk ini dikembangkan dengan dukungan *MIT App Inventor*. Multimedia interaktif dan model PjBL-STEM diajukan untuk menambah inovasi dalam penggunaan media ajar dan model pembelajaran yang akan digunakan. Usulan tersebut disetujui oleh guru dan pihak sekolah karena merupakan media dan model pembelajaran yang tepat dalam perkembangan IPTEK saat ini, sehingga pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dapat dilanjutkan.

f. Menyusun Rencana Kerja (*Compose A Project Management Plan*)

Rencana kerja dibuat dalam pengembangan multimedia interaktif agar lebih terstruktur dari tahap awal, tengah, hingga akhir. Peneliti menyusun rencana kerja yang meliputi beberapa komponen kunci, yaitu penetapan tujuan, identifikasi audiens sasaran, serta pemilihan metode dan teknologi yang tepat untuk pengembangan.

Pada tahap awal, peneliti melakukan analisis kebutuhan untuk memahami karakteristik siswa dan materi yang akan diajarkan, termasuk menentukan kompetensi yang ingin dicapai melalui multimedia interaktif. Setelah itu, peneliti

menyusun kerangka konten yang akan disajikan, memastikan bahwa konten tersebut sesuai dengan pembelajaran yang akan dilaksanakan.

Pada tahap tengah, peneliti mulai mengembangkan konten multimedia, termasuk elemen visual, audio, dan interaktivitas yang mendukung keterlibatan siswa. Uji coba dilakukan untuk mendapatkan umpan balik awal mengenai *usability* dan efektivitas konten, yang kemudian digunakan untuk melakukan perbaikan.

Pada tahap akhir, peneliti melakukan evaluasi menyeluruh terhadap produk yang telah dikembangkan, meliputi pengujian di lingkungan nyata serta pengumpulan data untuk menilai dampak penggunaan multimedia interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil evaluasi ini kemudian dianalisis untuk memberikan rekomendasi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut, sehingga produk multimedia interaktif dapat terus disempurnakan dan diimplementasikan secara optimal dalam pembelajaran.

3.2.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan (*Design*) dilakukan pada bulan Maret 2024 yang dikembangkan sesuai dengan hasil tahap sebelumnya. Desain multimedia interaktif yang dikembangkan mencakup halaman awal, halaman utama, isi multimedia yang terdiri dari CP & TP, uraian materi, halaman projek, contoh soal, soal latihan, halaman evaluasi, dan halaman developer. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi 1) pemilihan platform MIT App Inventor sebagai alat pengembangan aplikasi; 2) merencanakan dan merancang *Storyboard* dari masing-masing halaman antarmuka; 3) pengembangan konten interaktif yang relevan, meliputi penyajian materi yang komprehensif, latihan soal dan fitur umpan balik yang langsung. Sebelum masuk ke tahap berikutnya, terlebih dahulu dilakukan evaluasi untuk mengetahui kesesuaian produk yang dikembangkan.

3.2.3 Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap ini merupakan penerapan atau realisasi dari perencanaan yang telah dilakukan pada tahap perancangan sebelumnya. Tujuan dari tahap Pengembangan adalah untuk menciptakan dan memvalidasi sumber daya pembelajaran yang telah dipilih, yakni multimedia interaktif. Kegiatan ini dilakukan dalam kurun waktu 3 bulan, yaitu dari bulan April-Juni 2024. Kegiatan pada tahap pengembangan meliputi 1) pengumpulan referensi untuk materi yang didapat dari buku paket dan internet; 2) perancangan antarmuka pengguna yang menarik dan *user-friendly* berdasarkan storyboard yang sudah dibuat menggunakan bantuan *Adobe Photoshop* dan *Corel Draw*; 3) Unggah hasil halaman antarmuka ke *MIT app inventor*; dan 4) Multimedia interaktif yang sudah selesai dibuat, selanjutnya diproses untuk menghasilkan file .apk.

Multimedia interaktif ini diuji oleh para ahli materi dan ahli media untuk memastikan bahwa ia memenuhi kriteria valid dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Validasi ini dilakukan oleh 2 dosen Pendidikan Matematika, satu validator berasal dari Universitas Lampung, yaitu Bpk. Dr. Agung Putra Wijaya, M.Pd. (Validator 1) dan satu validator berasal dari UIN Raden Intan Lampung, yaitu Bpk. Rizki Wahyu Yunian Putra, M.Pd. (validator 2). Keduanya bertindak sebagai validator ahli materi sekaligus validator ahli media. Hasil penilaian dari validator dianalisis untuk mengetahui kevalidan dari multimedia interaktif yang dikembangkan. Selain itu, masukan dan saran dari kedua validator juga digunakan untuk bahan acuan evaluasi hingga akhirnya multimedia interaktif ini valid untuk digunakan saat kegiatan pembelajaran matematika.

3.2.4 Tahap Implementasi (*Implement*)

Multimedia interaktif yang sudah dinyatakan valid, selanjutnya akan diterapkan kepada siswa saat kegiatan pembelajaran untuk menilai kepraktisannya. Tahap implementasi adalah tahap krusial dari desain penelitian ini, yaitu dengan menerapkan multimedia interaktif kepada kelompok siswa. Uji coba melalui dua tahap, yaitu uji coba kelompok kecil dan uji coba kelompok besar.

Uji coba kelompok kecil dilakukan pada tanggal 29 Juli 2024 kepada ibu Faila Sova, M.Pd. selaku guru mata pelajaran matematika dan 6 siswa kelas VIIC sebagai kelas uji coba produk. Setelah menyelesaikan uji coba kelompok kecil dan memenuhi kriteria praktis, uji coba kelompok besar dilaksanakan. Tujuan dari uji coba kelompok besar ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM yang menggunakan multimedia interaktif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Pemilihan subjek uji coba kelompok besar ini menggunakan teknik *cluster random sampling*. Hasilnya menunjukkan bahwa kelas VIIC ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang terdiri dari 32 siswa, sementara kelas VIIF berfungsi sebagai kelas kontrol dengan 33 siswa. Penelitian dilakukan dengan desain *pretest-posttest control group design*.

3.2.5 Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap kelima, yang juga merupakan tahap terakhir, adalah tahap evaluasi. Tujuan dari tahap evaluasi adalah mengevaluasi mutu produk multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM, serta proses pembelajaran secara keseluruhan, baik sebelum maupun setelah implementasi dengan cara mengukur efektivitas produk untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas VIII SMP Negeri 4 Bandar Lampung.

3.3 Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 4 Bandar Lampung selama semester pertama (ganjil) tahun ajaran 2024/2025. Subjek penelitian diidentifikasi dan dibagi menjadi beberapa kategori, sebagai berikut.

3.3.1 Subjek Pendahuluan

Analisis kebutuhan dilaksanakan melalui uji kemampuan awal, distribusi kuesioner, dan penerapan teknik wawancara. Tes kemampuan awal dan penyebaran angket dilakukan secara *random* kepada siswa kelas VIII SMP Negeri 4 Bandar

Lampung. Wawancara subjek dilakukan dengan ibu Faila Sova, M.Pd. selaku guru mata pelajaran matematika.

3.3.2 Subjek Validasi Pengembangan Multimedia Interaktif

Ahli materi dan ahli media merupakan subjek yang melakukan validasi pengembangan Multimedia Interaktif dalam penelitian ini, berjumlah masing-masing 2 (dua) orang. Validator tersebut adalah dosen pendidikan matematika, satu validator berasal dari Universitas Lampung, yaitu Bpk. Dr. Agung Putra Wijaya, M.Pd. dan satu validator lagi dari Universitas Islam Negeri Raden Intan, yaitu Bpk. Rizki Wahyu Yunian Putra, M.Pd. Keduanya bertindak sebagai validator ahli materi sekaligus validator ahli media. Hasil validasi materi dan media dapat ditemukan pada Lampiran C.2 di Halaman 271 dan Lampiran C.3 di Halaman 272. Sementara itu, perhitungan analisis untuk validasi materi dan media dapat dilihat pada Lampiran D.12 di Halaman 299 dan Lampiran D.13 di Halaman 300.

3.3.3 Subjek Uji Kelompok Kecil

Dalam tahap ini, subjek terdiri dari 6 siswa kelas VIII yang akan menerima materi tentang Pola Bilangan, dan satu orang guru matematika yang bertugas untuk menguji tingkat kepraktisan dari multimedia yang telah dikembangkan. Guru tersebut adalah Ibu Faila Sova, M.Pd. selaku guru matematika. Seleksi 6 siswa dilakukan berdasarkan rekomendasi dari guru matematika. Hasil respon guru dan siswa dapat dilihat pada Lampiran C.4 Halaman 273 dan Lampiran C.5 Halaman 274 dengan perhitungan analisis respon dapat dilihat pada Lampiran D.14 Halaman 301.

3.3.4 Subjek Uji Kelompok Besar

Pada tahap ini, subjek penelitian terdiri dari seluruh siswa kelas VIII yang terbagi menjadi dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pemilihan sampel dilakukan dengan metode pengambilan sampel acak (*cluster random sampling*). Kedua kelas mengikuti proses pembelajaran selama empat sesi pertemuan dengan frekuensi dua pertemuan setiap minggu. Diperoleh kelas eksperimen adalah siswa

kelas VIII C dan kelas kontrol yaitu siswa kelas VIII F. Implementasi multimedia interaktif pada subjek uji kelompok besar dilakukan untuk melihat keefektifan multimedia interaktif. *Pretest-Posttest Control Group* diterapkan sebagai desain penelitian untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan media, yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Desain Penelitian *Pretest-Posttest Control Group*

Kelompok	<i>Pretest</i>	Penerapan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O_1	X_1	O_2
Kontrol	O_1	X_2	O_2

Keterangan :

- X_1 : Pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM dengan multimedia interaktif
- X_2 : Pembelajaran menggunakan model *Discovery Learning*
- O_1 : Skor kemampuan berpikir kritis siswa sebelum mendapatkan intervensi.
- O_2 : Skor kemampuan berpikir kritis siswa setelah mendapatkan intervensi

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang peneliti lakukan antara lain:

3.4.1 Tes

Dalam penelitian ini, tes diadopsi sebagai alat dalam mengevaluasi efektivitas produk yang telah dikembangkan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Proses evaluasi ini melibatkan penerapan uji soal yang mencakup dua tahap, yaitu *pretest* dan *posttest* untuk kedua kelompok subjek. Penelitian ini menggunakan jenis tes uraian (*essay*) berjumlah 6 soal pada materi pola bilangan sebagai alat evaluasi utama. Dengan menggunakan tes uraian, peneliti berharap dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam dan kontekstual terkait dengan dampak produk pada pemahaman atau keterampilan siswa, sehingga mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai efektivitas produk yang telah dikembangkan. Sebelum diterapkan, tes kemampuan berpikir kritis terlebih dahulu melalui uji

validitas, uji reliabilitas, uji tingkat kesukaran, dan uji daya pembeda. Penskoran dilakukan berdasarkan kriteria penskoran yang dapat dilihat pada Lampiran B.11 Halaman 260.

3.4.2 Wawancara

Wawancara digunakan sebagai studi pendahuluan untuk menganalisis permasalahan dan informasi awal yang dibutuhkan dalam penelitian. Wawancara dilakukan kepada Ibu Faila Sova, M.Pd. selaku guru mata pelajaran matematika untuk mengetahui karakteristik siswa, kemampuan awal siswa dan informasi mengenai proses pembelajaran matematika selama ini. Wawancara dilakukan dengan metode wawancara tak terstruktur. Data yang diperoleh dari wawancara kemudian dimanfaatkan sebagai masukan dalam proses pengembangan media pembelajaran, yakni multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis projek dengan Pendekatan STEM.

3.4.3 Angket (Kuesioner)

Pada pelaksanaan penelitian ini, penggunaan angket dilakukan dalam dua tahap yang terstruktur. Tahap pertama dimaksudkan untuk mengumpulkan data awal yang berkaitan dengan kebutuhan penelitian. Angket pada tahap ini dirancang untuk memahami karakteristik dan kebutuhan siswa yang menjadi fokus penelitian. Tahap ini bertujuan untuk menguraikan informasi yang diperlukan untuk membangun dasar pengembangan media pembelajaran yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan siswa.

Tahap kedua angket difokuskan pada mengukur kevalidan media dan respons siswa terhadap keterbacaan dan daya tarik media pembelajaran yang telah dikembangkan. Pada tahap ini, angket diberikan kepada validator ahli materi dan validator ahli media. Pemberian angket kepada kedua kelompok validator ini bertujuan untuk mendapatkan evaluasi yang komprehensif terkait tingkat kevalidan dari media pembelajaran yang telah dikembangkan oleh peneliti. Hal ini membantu memastikan bahwa aspek materi dan media dari produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang diharapkan. Selain diberikan kepada validator, angket juga

diberikan kepada siswa menilai sejauh mana media pembelajaran mampu menarik perhatian siswa, sekaligus memahami persepsi mereka terhadap kepraktisan media tersebut dalam mendukung proses pembelajaran.

3.4.4 Observasi

Salah satu teknik yang bisa diterapkan untuk mengidentifikasi atau meneliti perilaku non verbal adalah melalui observasi. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan terhadap keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM. Observasi dilakukan pada tiap pertemuan untuk mencatat bagaimana interaksi antara siswa dan guru selama proses pembelajaran. Observasi dilakukan oleh ibu Faila Sova, M.Pd. selaku guru mata pelajaran matematika dengan menilai aspek-aspek yang muncul selama pembelajaran. Hasil Observasi dapat dilihat pada Lampiran C.6 Halaman 277 dengan hasil analisis keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Lampiran D.15 Halaman 302.

3.4.5 Dokumentasi

Dokumentasi adalah mencatat kejadian atau peristiwa yang telah terjadi. Peneliti menggunakan gambar, foto, dan data berdasarkan hasil penelitian sebagai bentuk dokumen. Untuk memperkuat hasil penelitian ini, peneliti menggunakan dokumentasi berupa video rekaman proses pembelajaran, foto saat aplikasi multimedia yang digunakan siswa, serta lembar kerja kelompok siswa selama proyek berlangsung.

3.5 Instrumen Penelitian

Upaya untuk mempermudah pelaksanaan penelitian pengembangan ini maka diperlukannya instrumen. dalam penelitian ini dirancang dan disusun untuk mencakup dua tipe instrumen, yakni instrumen non-tes dan instrumen tes. Penelitian ini memanfaatkan instrumen non-tes, seperti angket (kuesioner) dan panduan wawancara. Selain itu, instrumen tes juga diterapkan dalam bentuk tes kemampuan berpikir kritis siswa, yang memberikan dimensi kuantitatif pada

penelitian ini. Kombinasi penggunaan instrumen non-tes dan tes memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman yang holistik dan mendalam terkait dengan aspek-aspek yang diteliti, memastikan keberagaman dan kedalaman data yang diperoleh dalam proses penelitian ini. Berpedoman pada tujuan penelitian, maka dirancanglah instrumen sebagai berikut:

3.5.1 Angket Kebutuhan Siswa

Angket ini berisi beberapa pertanyaan mengenai kebutuhan siswa dan karakteristik media seperti apa yang sesuai serta dibutuhkan siswa dalam proses pembelajaran. Angket kebutuhan siswa dapat dilihat pada Lampiran B.1 Halaman 224.

3.5.2 Angket Validasi Ahli

Angket validasi ahli digunakan untuk mendapatkan data hasil penilaian ahli materi dan ahli media. Indikator yang menjadi panduan dalam pembuatan angket ini disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kisi-Kisi Angket Ahli Materi

Kriteria	Indikator	Butir Soal
Aspek Kelayakan Isi Materi	Kesesuaian Materi dengan CP, TP, dan ATP	1, 2, 3
	Kemutahiran Materi	4, 5, 6, 7
	Keakuratan Materi	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
	Mendorong Keingintahuan	15, 16
Aspek Kelayakan Penyajian Materi	Teknik penyajian materi	1, 2
	Kelengkapan penyajian materi	3, 4, 5
	Pendukung penyajian materi	6, 7, 8,
	Penyajian materi	9, 10
	Koherensi dan keruntutan proses berpikir	11, 12

Sumber : Modifikasi dari Wira (2021)

Kriteria penilaian oleh ahli materi terbagi menjadi dua, yakni kelayakan isi materi dan kelayakan penyajian materi, yang melibatkan 8 indikator. Adapun kriteria penilaian oleh ahli media disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Angket Ahli Media

Kriteria	Indikator	Butir Soal
Aspek Kelayakan Kefrafikan	Desain logo dan <i>splash screen</i> multimedia interaktif	1, 2, 3
	Desain isi multimedia interaktif	4, 5, 6, 7
	Kejelasan tampilan	8, 9, 10, 11, 12
	Navigasi	13, 14, 15, 16
	Kejelasan audio dan video	17, 18, 19
Aspek Kelayakan Kebahasaan	Lugas	1, 2, 3
	Komunikatif	4
	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	5, 6
	Penggunaan istilah, simbol, maupun lambang	7, 8, 9, 10
	Keterbacaan teks	11, 12, 13, 14, 15
	Kesesuaian dengan perkembangan siswa	16, 17, 18

Sumber : Modifikasi dari Wira (2021)

Ahli validator media memberikan penilaian atau validasi terhadap multimedia interaktif yang dibuat dengan mempertimbangkan aspek kelayakan kegrafikan dan kelayakan kebahasaan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa konten yang dibuat dapat ditampilkan dan dibaca dengan jelas. Angket ahli media melibatkan 11 indikator.

3.5.3 Angket Respon Guru dan Siswa

Instrumen ini digunakan untuk menilai respon guru dan siswa terhadap multimedia interaktif dengan Pendekatan STEM. Pada penelitian ini, penilaian kepraktisan guru dan siswa melibatkan 3 indikator utama, yaitu ketertarikan, materi, dan bahasa. Adapun kisi-kisi penilaian ini disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kisi-kisi Angket Kepraktisan Respon Siswa

Indikator	Sub-Indikator	Butir Angket
Ketertarikan	Tampilan konten multimedia interaktif <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> menarik	1
	Konten pada <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini membuat saya lebih bersemangat dalam belajar materi Pola Bilangan	2
	Dengan menggunakan <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini dapat membuat belajar matematika tidak membosankan	3
	Konten pada <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini mendukung saya untuk menguasai pelajaran matematika, khususnya materi Pola Bilangan	4
	Adanya proyek dalam <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini berpengaruh terhadap motivasi belajar saya	5
Materi	Penyampaian materi dalam <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini berkaitan dengan kehidupan sehari-hari	6
	Materi yang disajikan dalam konten ini mudah saya pahami	7
	Dalam konten <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini terdapat beberapa bagian untuk saya menemukan konsep sendiri	8
	Penyajian materi dalam <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini mendorong saya untuk berdiskusi dengan teman yang lain	9
	Konten <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini mendorong saya untuk lebih memperhatikan keadaan lingkungan sekitar berdasarkan konsep yang dipelajari	10
	Proyek <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini memuat materi Pola Bilangan yang ada pada lingkungan yang saya ketahui	11
Bahasa	Kalimat dan paragraf yang digunakan dalam <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini jelas dan mudah dipahami	12
	Bahasa yang digunakan dalam <i>MatHub: Pattern VIII Edition</i> ini sederhana dan mudah dimengerti	13
	Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca	14
Jumlah Pernyataan = 14		

Tabel 3.4 menyajikan kisi-kisi angket penilaian respon siswa sebagai alat ukur kepraktisan terhadap produk multimedia interaktif yang dikembangkan. Kisi-kisi angket penilaian mengenai respon guru disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kisi-kisi Angket Kepraktisan Respon Guru

Indikator	Sub-Indikator	Butir Angket
Ketertarikan	Ketertarikan menggunakan multimedia interaktif	1, 3
	Menumbuhkan motivasi belajar	2, 5
	Kesesuaian konten dengan materi	4
Materi	Keterhubungan dengan kehidupan sehari-hari	6, 10
	Kemudahan pemahaman dan kesesuaian dengan kurikulum	7, 8, 11
	Dukungan untuk diskusi dan interaksi	9
Bahasa	Kejelasan dan keterbacaan teks	12, 13, 14
	Kesesuaian dengan tingkat kemampuan bahasa siswa	15
Jumlah Pernyataan = 15		

3.5.4 Pedoman Wawancara

Wawancara dilaksanakan selama studi pendahuluan untuk memahami karakteristik siswa dan proses pembelajaran di kelas. Wawancara ini dilakukan dengan ibu Faila Sova, M.Pd., dan dilakukan secara tak terstruktur untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam, sehingga pemahaman yang diperoleh lebih komprehensif. Tujuan dari wawancara ini adalah untuk mengeksplorasi berbagai aspek terkait pendekatan pengajaran, model pembelajaran yang digunakan, media pembelajaran yang diterapkan, suasana dalam kelas, serta pemahaman guru mengenai kebutuhan dan karakteristik siswa.

3.5.5 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Lembar observasi untuk mengevaluasi pelaksanaan langkah-langkah pembelajaran matematika mengenai materi Pola Bilangan dengan menggunakan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dan pendekatan STEM. Lembar observasi berbentuk *checklist* (✓) menggunakan skala *Guttman*, yaitu IYA atau TIDAK

dengan output berupa skor keterlaksanaan pembelajaran tiap pertemuannya. Data Keterlaksanaan pembelajaran dianalisis menggunakan rumus berikut:

$$KP = \frac{\sum T}{\sum D} \times 100\%$$

Keterangan:

KP : Persentase keterlaksanaan proses pembelajaran secara keseluruhan

$\sum T$: Jumlah aspek yang muncul secara keseluruhan

$\sum D$: Jumlah aspek yang diamati secara keseluruhan

Hasil perhitungan persentase keterlaksanaan proses pembelajaran yang diperoleh diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Pedoman Penskoran Keterlaksanaan Proses Pembelajaran

No.	Keterlaksanaan Pembelajaran (%)	Kriteria
1	90 – 100	Sangat Baik
2	80 – 89,99	Baik
3	65 – 79,99	Cukup Baik
4	55 - 64	Kurang Baik
5	< 55	Sangat Kurang Baik

Sumber : Sadieda et al. (2022)

3.5.6 Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Tes berpikir kritis terdiri dari pertanyaan deskriptif, di mana penilaian hasil ujian didasarkan pada skor setiap item. Pertanyaan dalam butir soal kemampuan berpikir kritis dirancang sesuai dengan indikator dari kemampuan tersebut. Adapun pedoman untuk penskoran tes mengacu pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Pedoman Penskoran Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis

No	Indikator	Kriteria	Skor
1	Merumuskan pokok-pokok permasalahan (<i>Klarifikasi</i>)	a. Jawaban kosong	0
		b. Mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan dengan tidak jelas, tidak tepat dan tidak teliti	1
		c. Mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan dengan jelas, tidak tepat dan tidak teliti	2
		d. Mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan dengan jelas dan tidak teliti	3
		e. Mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan dengan jelas, tepat dan teliti	4
2	Memberikan alasan untuk mencapai kesimpulan yang akurat (<i>Assessment</i>)	a. Jawaban kosong	0
		b. Memberikan alasan tidak jelas, tidak tepat dan tidak relevan	1
		c. Memberikan alasan jelas, tidak tepat dan tidak relevan	2
		d. Memberi alasan jelas, tepat dan tidak relevan	3
		e. Memberi alasan jelas, tepat dan relevan	4
3	Menyelesaikan permasalahan dengan berbagai opsi solusi (<i>Strategi dan taktik</i>)	a. Jawaban kosong	0
		b. Menyelesaikan masalah dengan penyelesaian yang tidak tepat, perhitungan tidak tepat, dan tidak tepat dalam pemilihan alternative	1
		c. Menyelesaikan masalah dengan penyelesaian yang tepat, perhitungan tidak tepat, dan tidak tepat dalam pemilihan alternatif	2
		d. Menyelesaikan masalah dengan penyelesaian yang tepat, perhitungan tepat, dan tidak tepat dalam pemilihan alternative	3
		e. Menyelesaikan masalah dengan penyelesaian yang tepat, perhitungan tepat, dan tepat dalam pemilihan alternatif	4
4	Menyimpulkan dengan jelas dan logis (<i>Inferensi</i>)	a. Jawaban kosong	0
		b. Memberi kesimpulan kurang jelas, tidak tepat, serta memberikan alasan salah	1
		c. Memberi kesimpulan jelas, tidak tepat, serta memberikan alasan salah	2
		d. Memberi kesimpulan jelas, tepat, serta memberikan alasan salah	3
		e. Memberikan kesimpulan jelas, tepat, serta memberikan alasan benar	4

Sebelum digunakan, instrumen yang telah dibuat pengujian validitas, reliabilitas, daya beda, dan tingkat kesukaran. Penjelasan mengenai uji tersebut dapat ditemukan sebagai berikut:

a. Uji Validitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Uji validitas digunakan untuk menunjukkan tingkat kevalidan instrumen atau tingkat ketepatan instrumen (Trianto, 2011). Uji validitas isi dilaksanakan dalam penelitian ini, dengan membandingkan konten tes kemampuan berpikir kritis dengan indikator pembelajaran yang telah ditentukan. Dalam konteks ini, pertanyaan yang dianggap valid adalah pertanyaan yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan (Simbolon, 2023), sehingga dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kemampuan berpikir kritis siswa.

Dalam penelitian ini, pengukuran validitas dihitung menggunakan formula korelasi *product moment* (r_{xy}) yang dirumuskan oleh Karl Pearson. Kriteria pengujian validitas butir soal dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$. Setelah dilakukan perhitungan uji validitas pada instrumen tes kemampuan berpikir kritis matematis siswa, diperoleh hasil yang tercantum dalam Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Hasil Uji Validitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Butir Soal	r_{hitung}	r_{tabel}	Keterangan
Soal 1	0,297	0,349	Tidak Valid
Soal 2	0,759		Valid
Soal 3	0,590		Valid
Soal 4	0,708		Valid
Soal 5	0,782		Valid
Soal 6	0,631		Valid

Berdasarkan Tabel 3.8, hasil uji validitas tes kemampuan berpikir kritis menunjukkan bahwa dari 6 butir soal yang diujicobakan, hanya 1 butir soal yang tidak memenuhi kriteria valid yaitu butir soal 1. Perhitungan analisis uji validitas tes kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada Lampiran D.2 di Halaman 281.

b. Uji Reliabilitas Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Instrumen tes dianggap dapat diandalkan apabila menghasilkan konsistensi dalam pengukuran, sehingga data yang diperoleh dapat dianggap dapat dipercaya. Jika hasil pengukuran sesuai dengan realitas, maka hasilnya akan tetap konsisten setiap kali diambil (Trianto, 2011). Untuk mengukur tingkat reliabilitas instrumen tes, dapat menggunakan rumus *Cronbach's alpha* dengan merujuk pada kriteria koefisien reliabilitas yang tercantum dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Kriteria Koefisien Reliabilitas

Angka Batas	Kriteria
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Cukup
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Sangat Rendah

Sumber : Sudijono (2013)

Setelah dilakukan perhitungan uji reliabilitas pada instrumen tes kemampuan berpikir kritis siswa, hasil perolehan nilai (r_{11}) yaitu 0,674. Perolehan nilai tersebut memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai r_{tabel} yaitu 0,349. Dengan demikian, instrumen tes kemampuan berpikir kritis memiliki kriteria tinggi. Perhitungan analisis uji reliabilitas tes kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada Lampiran D.3 di Halaman 282.

c. Uji Tingkat Kesukaran Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Pemeriksaan tingkat kesukaran digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesukaran pertanyaan dalam tes tergolong sulit, sedang, atau mudah. Semakin tinggi nilai indeks, semakin mudah pertanyaan tersebut, dan sebaliknya. Indeks ini dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_i = \frac{X}{S_{mi}}$$

Keterangan:

P_i : Tingkat kesukaran butir soal i

X : Rata-rata skor yang diperoleh oleh siswa pada suatu pertanyaan

S_{mi} : Skor Maksimal Ideal

Penafsiran terhadap Indeks Tingkat Kesukaran suatu pertanyaan dapat mengacu pada kriteria yang tertera dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Klasifikasi Indeks Tingkat Kesukaran Butir Soal

Angka Batas	Kriteria
$P_i < 0,30$	Sukar
$0,30 \leq P_i \leq 0,70$	Sedang
$P_i > 0.70$	Mudah

Perolehan hasil dari uji tingkat kesukaran tes kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Hasil Uji Tingkat Kesukaran Butir Soal

Butir Soal	Indeks Tingkat Kesukaran	Keterangan
Soal 1	0,787	Mudah
Soal 2	0,564	Sedang
Soal 3	0,154	Sukar
Soal 4	0,275	Sukar
Soal 5	0,332	Sedang
Soal 6	0,064	Sukar

Berdasarkan Tabel 3.11, hasil uji tingkat kesukaran butir soal tes kemampuan berpikir kritis siswa menunjukkan bahwa terdapat 3 soal sukar, 2 soal sedang, dan 1 soal mudah. Perhitungan analisis uji tingkat kesukaran tes kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada Lampiran D.4 di Halaman 283.

d. Daya Pembeda Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Menurut Rosidin (2017), daya pembeda soal merujuk pada kemampuan pertanyaan tersebut untuk membedakan antara siswa yang memiliki kecerdasan atau kemampuan tinggi dalam memahami materi dan siswa yang memiliki kemampuan rendah atau kurang pandai. Dengan kata lain, daya pembeda mencerminkan sejauh mana suatu pertanyaan mampu mengukur tingkat pemahaman dan kemampuan

siswa secara akurat. Rumus berikut diaplikasikan untuk mengidentifikasi daya pembeda soal uraian/essay:

$$DP = \frac{\text{Rerata Kelompok Atas} - \text{Rerata Kelompok Bawah}}{\text{Skor Maksimum Soal}}$$

Kriteria untuk menafsirkan indeks daya pembeda soal dapat merujuk pada kriteria yang tercantum dalam Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Kriteria Indeks Daya Pembeda Soal

No.	Besar Indeks Daya Pembeda (DP)	Kriteria
1	0,71 – 1,00	Sangat Baik
2	0,41 – 0,70	Baik
3	0,21 – 0,40	Cukup
4	0,01 – 0,20	Jelek
5	-1,00 – 0,00	Sangat Jelek

Perolehan hasil dari uji daya pembeda soal tes kemampuan berpikir kritis siswa dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Hasil Uji Daya Pembeda Soal

Butir Soal	Indeks Daya Pembeda	Keterangan
Soal 1	0,131	Jelek
Soal 2	0,416	Baik
Soal 3	0,229	Cukup
Soal 4	0,388	Cukup
Soal 5	0,583	Baik
Soal 6	0,201	Jelek

Berdasarkan Tabel 3.13, hasil perolehan uji daya pembeda yang didapat menunjukkan bahwa 2 dari 6 soal tes kemampuan berpikir kritis siswa masuk pada kriteria jelek. Dengan demikian, kedua soal tersebut tidak dapat digunakan. Perhitungan analisis uji daya pembeda tes kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada Lampiran D.5 di Halaman 285.

Berdasarkan hasil uji prasyarat yang telah dilakukan, termasuk uji validitas, uji reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda soal, dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 butir soal tes kemampuan berpikir kritis yang dapat digunakan untuk pretest dan posttest, yaitu soal nomor 2, 3, 4, dan 5. Keempat soal tersebut telah

memenuhi kriteria valid dan reliabel, dengan tingkat kesukaran yang sedang hingga sukar, serta daya pembeda yang tergolong cukup dan baik.

3.6 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, analisis data menjadi aspek krusial yang dilakukan dengan memanfaatkan pendekatan gabungan antara kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kualitatif melibatkan metode wawancara dan masukan dari sejumlah ahli selama tahap validasi. Dalam hal ini, kolaborasi dengan ahli media, ahli materi, dan guru matematika menjadi suatu keharusan untuk mendapatkan sudut pandang yang komprehensif. Di sisi lain, aspek kuantitatif penelitian mencakup hasil pengembangan produk. Dengan memadukan kedua pendekatan ini, peneliti dapat menghasilkan temuan yang lebih kaya dan relevan, menggambarkan kompleksitas fenomena yang diamati.

3.6.1 Analisis Data Hasil Angket dan Wawancara Kebutuhan Guru dan Siswa

Data yang berupa hasil angket dan wawancara dianalisis secara deskriptif sebagai dasar untuk mendukung kebutuhan pengembangan multimedia interaktif dan pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM.

3.6.2 Analisis Data Validasi Ahli

Data yang diperoleh melalui instrumen angket dianalisis menggunakan metode statistik. Hasil analisis data tersebut akan menjadi dasar untuk melakukan revisi pada produk yang akan dikembangkan. Dalam instrumen yang digunakan, terdapat empat opsi jawaban. Rumus perhitungan hasil angket atau skor total adalah sebagai berikut:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Dengan,

$$V_i = \frac{\text{jumlah skor}}{\text{skor maksimal}} \times 4$$

Keterangan:

\bar{V} : nilai rata-rata akhir

V_i : nilai uji operasional angket tiap responden

n : banyaknya responden yang mengisi angket

Detail skor evaluasi untuk setiap pilihan jawaban disajikan dalam Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Skor Penilaian Angket Validasi

Skor	Pilihan Jawaban
4	Sangat Baik
3	Baik
2	Kurang
1	Sangat Kurang

Setelah menerima skor penilaian dari setiap validator, langkah berikutnya adalah mencari nilai uji operasional untuk menentukan klasifikasi. Proses klasifikasi ini penting untuk memberikan interpretasi yang lebih mudah dipahami terhadap skor uji operasional dan memungkinkan penggunaan hasil penilaian dengan cara yang lebih sistematis (Arikunto, 2019). Kriteria skor validasi disajikan pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Skor Kriteria Validasi

Skor Kualitas	Kriteria Kevalidan
$3,25 \leq \bar{V} \leq 4,00$	Sangat Valid
$2,50 \leq \bar{V} < 3,25$	Valid
$1,75 \leq \bar{V} < 2,50$	Kurang Valid
$1,00 \leq \bar{V} < 1,75$	Tidak Valid

Sumber : Sugiyono (2014)

3.6.3 Analisis Data Respon Guru dan Siswa

Penilaian dilakukan berdasarkan data angket yang diperoleh. Skor penilaian jawaban mengacu pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 Skor Penilaian Kepraktisan

Skor	Pilihan Jawaban
4	Sangat Setuju
3	Setuju
2	Kurang Setuju
1	Tidak Setuju

Untuk menghitung persentase respon guru dan siswa, digunakan rumus berikut.

$$x_i = \frac{\text{jumlah skor}}{\text{skor maksimal}} \times 4$$

Sedangkan sebagai dasar pengambilan keputusan, Penjelasan mengenai kriteria kepraktisan menurut Arikunto (2019) yang dimodifikasi disajikan dalam Tabel 3.17.

Tabel 3.17 Kriteria Untuk Uji Kepraktisan

Skor Kualitas	Kriteria Kepraktisan
$3,25 \leq \bar{x} \leq 4,00$	Sangat Praktis
$2,50 \leq \bar{x} < 3,25$	Praktis
$1,75 \leq \bar{x} < 2,50$	Kurang Praktis
$1,00 \leq x < 1,75$	Tidak Praktis

Sumber : Sugiyono (2014)

3.6.4 Analisis Keefektifan Multimedia Interaktif

Dalam rangka mengevaluasi efektivitas multimedia interaktif yang menggunakan pendekatan STEM dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kemampuan berpikir kritis sebelum dan setelah pembelajaran pada kelas eksperimen dan kontrol. Proses evaluasi tersebut melibatkan dua tahap, yaitu *pretest* sebelum pembelajaran dan *posttest* setelah pembelajaran. Melalui *pretest*, penelitian dapat mengukur kemampuan awal siswa sebelum pembelajaran PjBL-STEM menggunakan multimedia interaktif. Setelah itu, *posttest* dilakukan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis setelah siswa mengikuti pembelajaran dengan pendekatan tersebut.

Data yang diperoleh kemudian diolah melalui analisis statistik. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang sejauh mana multimedia interaktif berbasis STEM memberikan dampak signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, analisis statistik menjadi alat penting dalam mengevaluasi hasil penelitian ini, memungkinkan penarikan kesimpulan yang kuat terkait dengan efektivitas pengembangan media yang digunakan. Data diolah melalui analisis statistik, antara lain:

a. *N-Gain*

Data yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* mengenai kemampuan berpikir kritis matematis dianalisis untuk mengevaluasi seberapa besar peningkatan kemampuan berpikir kritis matematis siswa di antara kelas dengan menerapkan PjBL-STEM menggunakan multimedia interaktif dan kelas yang tidak menerapkan PjBL-STEM menggunakan multimedia interaktif dalam pembelajaran. Menurut Hake, besarnya peningkatan dapat diukur menggunakan rumus *n-gain* (*g*) yaitu (Hake, 1998):

$$g = \frac{S_f - S_i}{S_m - S_i}$$

Keterangan:

S_f : Rata-rata skor *posttest* siswa

S_i : Rata-rata skor *pretest* siswa

S_m : Skor Maksimum

b. Uji Normalitas Kemampuan Berpikir Kritis

Teknik uji ini dilakukan untuk memeriksa dan menginvestigasi apakah distribusi dari sampel penelitian tersebut bersifat normal atau tidak (Ismail, 2018). Pengecekan terhadap normalitas data menjadi salah satu kriteria dalam proses analisis data, karena sejumlah uji statistik memerlukan data yang berdistribusi normal. Dalam penelitian ini, uji normalitas *Shapiro-Wilk* digunakan untuk mengetahui normalitas data dengan tingkat signifikansi 5%. Setelah memperoleh hasil uji normalitas data, interpretasi hasil disesuaikan dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 3.18 (Machali, 2015).

Tabel 3.18 Kriteria Uji Normalitas

<i>p - value</i>	Kriteria
$p - value > 0,05$	Normal
$p - value \leq 0,05$	Tidak Normal

Menurut informasi yang ada pada Tabel 3.18, sebuah data dianggap berdistribusi normal apabila nilai $p - value > 0,05$ dan dianggap tidak berdistribusi normal apabila nilai $p - value \leq 0,05$. Data uji normalitas diperoleh dari hasil skor Gain ternormalisasi.

c. Uji Homogenitas Kemampuan Berpikir Kritis

Pengujian homogenitas bertujuan untuk menentukan apakah varians dari suatu populasi sama (homogen) atau tidak. Pada penelitian ini, uji homogenitas dihitung dengan menggunakan uji *Levene's* pada tingkat signifikansi 5%. Hipotesis yang diajukan dalam uji homogenitas adalah sebagai berikut:

H_0 : Varians populasi adalah homogen,

H_1 : Varians populasi adalah tidak homogen.

Informasi mengenai data uji homogenitas diperoleh dari hasil skor gain ternormalisasi, baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Kriteria uji homogenitas pada tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.19 Kriteria Uji Homogenitas

<i>p - value</i>	Kriteria
$p - value \geq 0,05$	Homogen
$p - value < 0,05$	Tidak Homogen

Menurut Tabel 3.19, kriteria untuk menentukan keputusan dalam uji homogenitas dapat dijelaskan:

- 1). Apabila nilai $p - value \geq 0,05$, maka H_0 akan diterima, dan dapat disimpulkan bahwa data berasal dari populasi yang memiliki varians yang sama.

- 2). Apabila nilai $p - value < 0,05$, maka H_0 ditolak, dan dapat disimpulkan bahwa data berasal dari populasi yang memiliki varians yang tidak sama.

d. Uji Hipotesis

Uji hipotesis yang diterapkan dalam penelitian ini adalah uji-t tidak berpasangan (*Independent Sample t-test*), yang digunakan untuk membandingkan dua sampel yang tidak saling berpasangan. Dalam proses pengujian ini, peneliti akan menganalisis perbedaan rata-rata antara kedua sampel tersebut. Data uji hipotesis diperoleh dari hasil skor gain ternormalisasi. Berikut adalah hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (Tidak ada perbedaan efektivitas yang signifikan antara penggunaan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dengan model *discovery learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (Terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan antara penggunaan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dengan model *discovery learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa)

Penghitungan uji-t dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS 24 pada tingkat signifikansi 5%. Kriteria pengambilan keputusannya adalah:

- a). Jika nilai $Sig. < 0,05$, maka H_0 ditolak.
- b). Jika nilai $Sig. \geq 0,05$, maka H_0 diterima (Rinaldi dkk., 2020)

e. Uji Proporsi

Siswa dapat dianggap telah menguasai kemampuan berpikir kritis apabila 60% dari total jumlah siswa dalam kelas yang menggunakan multimedia interaktif dalam pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM mencapai hasil nilai tes yang sama dengan atau lebih tinggi dari Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), yang ditetapkan sebesar 75. Data uji proporsi diperoleh dari

hasil skor *posttest* kelas eksperimen. Adapun hipotesis dalam uji proporsi ini adalah sebagai berikut.

$H_0: \pi_1 < 60\%$ (Ketuntasan belajar setelah menerapkan model pembelajaran PjBL-STEM menggunakan multimedia interaktif kurang dari 60%)

$H_1: \pi_1 \geq 60\%$ (Ketuntasan belajar setelah menerapkan model pembelajaran PjBL-STEM menggunakan multimedia interaktif melebihi 60%)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

5.1.1 Hasil pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM layak diimplementasikan dalam pembelajaran matematika pada materi pola bilangan, Hal ini karena produk telah memenuhi kriteria valid dan praktis. Kriteria kevalidan ini didapat dari hasil penilaian para ahli materi dan ahli media yang menyatakan bahwa produk ini valid. Selanjutnya kriteria kepraktisan multimedia interaktif ini didapat dari hasil penilaian respon siswa dan guru pada uji coba kelompok kecil yang menyatakan produk yang dikembangkan memenuhi kriteria praktis.

5.1.2 Multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Pada uji Gain, penggunaan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa lebih tinggi dibandingkan siswa yang tidak menerima perlakuan tersebut. Hasil uji *independent sample t test* memperlihatkan adanya perbedaan efektivitas yang signifikan antara penggunaan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEM dengan model discovery learning.

5.2 Saran

5.2.1 Saran Pemanfaatan Hasil

Peneliti merekomendasikan kepada guru mata pelajaran matematika agar produk multimedia interaktif “MatHub” ini bisa dimanfaatkan kepada siswa pada materi pola bilangan dan bisa menjadi alternatif media pembelajaran yang dapat menunjang siswa pada pembelajaran matematika. Hal ini dikarenakan multimedia interaktif “MatHub” sudah berbasis android, yang memudahkan guru dan siswa dalam pembelajaran matematika serta efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Namun, perlu diperhatikan karakteristik siswa dan sumber daya yang ada di sekolah agar penggunaan multimedia ini bisa maksimal. Guru sebaiknya memperhatikan kesiapan teknologi yang dimiliki oleh siswa, seperti ketersediaan perangkat Android dan kemampuan dasar dalam menggunakan perangkat tersebut.

5.2.2 Saran Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini terbatas pada pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM, kemampuan berpikir kritis siswa, dan materi pola bilangan. Peneliti merekomendasikan agar penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan pendekatan atau model pembelajaran yang lain, kemampuan lain, serta materi matematika yang lain juga. Selain itu, perlu diperhatikan mengenai pemilihan platform, karena fitur-fitur yang ada didalamnya dapat mempengaruhi kualitas multimedia interaktif yang dikembangkan. Produk multimedia ini juga baru berbasis android, padahal di lain sisi ada *smartphone* yang berbasis IOS. Oleh karena itu, bisa dipertimbangkan untuk mengembangkan multimedia yang mendukung perangkat berbasis Android sekaligus IOS juga agar pembelajaran dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

Kegiatan pembelajaran menggunakan multimedia interaktif “MatHub” oleh siswa di dalam kelas harus dituntun menggunakan petunjuk penggunaan yang baik supaya meminimalisir banyaknya waktu pelajaran yang terbuang. Selain itu, untuk

mengatasi kendala dalam penerapan *discovery learning* di kelas kontrol, peneliti berikutnya disarankan untuk meningkatkan fasilitasi guru selama proses pembelajaran dengan memberikan arahan relevan, pertanyaan pemantik, serta umpan balik yang mendukung eksplorasi siswa. Manajemen waktu yang baik juga perlu diperhatikan dengan mengalokasikan waktu lebih fleksibel untuk tahap eksplorasi, diskusi, dan refleksi. Selain itu, peneliti dapat menyediakan sumber belajar yang variatif, seperti video, animasi, atau alat bantu interaktif, untuk membantu siswa memahami konsep secara mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifudin, M. (2018). *Pengembangan Aplikasi Kamus Akuntansi Elektronik Berbasis MIT App Inventor*. Universitas Negeri Malang.
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Agustian, N., & Salsabila, U. H. (2021). Peran teknologi pendidikan dalam pembelajaran. *Islamika*, 3(1), 123–133.
- Allanta, T. R., & Puspita, L. (2021). Analisis keterampilan berpikir kritis dan self efficacy peserta didik: Dampak PjBL-STEM pada materi ekosistem. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 7(2), 158–170. <https://doi.org/10.21831/jipi.v7i2.42441>
- Amalia, N., Pertiwi, C. M., & Amelia, R. (2022). Analisis kebutuhan bahan ajar lembar kerja siswa pelajaran matematika berbantuan ict pada tingkat Sma. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, 5(3), 711–722.
- Amin, S., & Sholihah, M. (2024). PjBL Terintegrasi STEM Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa Kelas XII SMA. *Jurnal Yudistira: Publikasi Riset Ilmu Pendidikan Dan Bahasa*, 2(2), 357–362. <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i2.761>
- Ammy, P. M. (2021). Pengaruh strategi pembelajaran information search terhadap kemampuan pemahaman belajar matematika siswa. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3242–3249.
- Angriani, A. D., Kusumayanti, A., & Nur, F. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran MathSC Berbasis Android Menggunakan App Inventor 2 Pada Materi Barisan dan Deret Aritmatika. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 926–938.
- Anisa, F. W., Fusilat, L. A., & Anggraini, I. T. (2020). Proses Pembelajaran Pada Sekolah Dasar. *NUSANTARA*, 2(1), 158–163.
- Aprianty, D., Somakim, S., & Wiyono, K. (2021). Pengembangan multimedia interaktif pada pembelajaran matematika materi persegi panjang dan segitiga di sekolah dasar. *Sekolah Dasar: Kajian Teori Dan Praktik Pendidikan*, 30(1).
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta, Jakarta.

- Asmaruddin, S. N. (2018). Desain Buku Ajar Matematika Bilingual Materi Bangun Datar Menggunakan Pendekatan PMRI Berkonteks Kebudayaan Lokal. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 345–356.
- Astika, R. Y., Anggoro, B. S., & Andriani, S. (2019). Pengembangan video media pembelajaran matematika dengan bantuan powtoon. *Jurnal Pemikiran Dan Penelitian Pendidikan Matematika (JP3M)*, 2(2), 85–96.
- Astuti, P., Purwoko, P., & Indaryanti, I. (2017). Pengembangan LKS untuk melatih kemampuan berpikir kritis dalam mata pelajaran matematika di kelas VII SMP. *Jurnal Gantang*, 2(2), 145–155. <https://doi.org/10.31629/jg.v2i2.244>
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The influence of project-based STEM (PjbL-STEM) applications on the development of 21st century skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Basith, A. (2023). Aplikasi Tebak Lagu Daerah Berbasis Android Menggunakan App Inventor 2. *Lentera: Multidisciplinary Studies*, 1(4), 263–270.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer Science & Business Media, New York, NY.
- Connors-Kellgren, A., Parker, C. E., Blustein, D. L., & Barnett, M. (2016). Innovations and challenges in project-based STEM education: Lessons from ITEST. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 825–832. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9658-9>
- Diani, R., & Sri Hartati, N. (2018). Flipbook berbasis literasi Islam: Pengembangan media pembelajaran fisika dengan 3D pageflip professional. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 234–243. <http://journal.uny.ac.id/index.php/jipidoi>:<https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.20819>
- Diani, R., Yuberti, Y., & Syafitri, S. (2016). Uji Effect Size Model Pembelajaran Scramble dengan Media Video terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X MAN 1 Pesisir Barat. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 5(2), 265–275.
- Diu, A. A., Mohidin, A. D., Bitto, N., Ismail, S., & Resmawan, R. (2020). Deskripsi Penggunaan Multimedia Interaktif pada Pembelajaran Matematika Bangun Ruang Sisi Lengkung Tabung. *Jambura Journal of Mathematics Education*, 1(2), 83–89.
- Djatmika, E. T., & Praherdhiono, H. (2024). Belajar Matematika Lebih Menyenangkan: Pengembangan Multimedia Interaktif berbasis Gamifikasi untuk Operasi Bilangan Bulat. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(4 Nopember), 5045–5060.
- Eka, H. F., Oktaviana, D., & Haryadi, R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Menggunakan Software Powtoon terhadap Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Sistem Persamaan Linier Dua Variabel. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v2i1.136>

- Ekiningsih, E., Buchori, A., & Albab, I. U. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Mobile Learning Dengan Pendekatan PMRI Pada Materi Fungsi Komposisi di SMK. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 4, 246–255.
- Fidhyallah, N. F., Febriantina, S., & Karyaningsih, R. P. D. (2021). Pengembangan Masyarakat: Merancang Media Pembelajaran yang Efektif dan Efisien Bagi Guru di Masa Pandemi Covid-19. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(5), 509–517. <http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/pengabdianmu/article/view/2051>
- Fitriani, D., Kaniawati, I., & Suwarma, I. R. (2017). Pengaruh pembelajaran berbasis STEM (science, technology, engineering, and mathematics) pada konsep tekanan hidrostatis terhadap causal reasoning siswa SMP. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 6, SNF2017-EER.
- Fitrianti, I., Handayani, D. E., & Suyitno, Y. P. (2020). Keefektifan Media Magic Box Terhadap Hasil Belajar Matematika Materi Jaring-Jaring Bangun Ruang Sederhana. *Mimbar PGSD Undiksha*, 8(2), 323–329. <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v8i2.26677>
- Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2), 139–155. <https://doi.org/10.21891/jeseh.771331>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(64). <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hakky, M. K., Wirasasmita, R. H., & Uska, M. Z. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk siswa kelas x pada mata pelajaran sistem operasi. *EDUMATIC: Jurnal Pendidikan Informatika*, 2(1), 24–33.
- Halim, A., & Hadi, M. S. (2023). Analisis Efektivitas Penggunaan Media Digital dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Peserta Didik Kelas VII SMP Negeri 275 Jakarta. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 8333–8341.
- Harjanta, A. T. J., & Herlambang, B. A. (2018). Rancang Bangun Game Edukasi Pemilihan Gubernur Jateng Berbasis Android Dengan Model ADDIE. *Jurnal Transformatika*, 16(1), 91–97.
- Hasan, M. A., Nasution, N., & Setiawan, D. (2017). Game Bola Tangkis Berbasis Android Menggunakan App Inventor. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 8(2), 160–169.
- Hasanah, A., Rochman, C., & Chusni, M. (2024). Mengintegrasikan Filsafat Sains Islam Terhadap Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL)-STEM. *AlMaheer: Jurnal Pendidikan Islam*, 2(02), 91–102.
- Hendikawati, P., Zahid, M. Z., & Arifudin, R. (2019). The development of

- textbooks for mobile application programming. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3), 32019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032019>
- Herman, T., Akbar, A., Farokhah, L., Febriandi, R., Zahrah, R. F., Febriani, W. D., Kurino, Y. D., & Abidin, Z. (2024). *Kecakapan Abad 21: Literasi Matematis, Berpikir Matematis, dan Berpikir Komputasi*. Indonesia Emas Group, Bandung.
- Hidayat, M., Santoso, G., & Lestari, N. M. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Web untuk Mendukung Kemampuan Representasi Matematis untuk Meningkatkan Karakter Mandiri dan Critical Thinking. *Jurnal Pendidikan Transformatif*, 2(4), 165–173.
- Jacques, L. A. (2017). What does project-based learning (PBL) look like in the mathematics classroom. *American Journal of Educational Research*, 5(4), 428–433.
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim, I. (2017). Science, technology, engineering and mathematics project based learning (STEM-PjBL) pada pembelajaran sains. *Seminar Nasional Pendidikan IPA 2017*, 2.
- Juniaty, W., Zubaidah, S., & Supriyono, K. H. (2016). STEAM: Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Prosiding. Pros Semnas Pend IPA PascasarjanaUM*, 1(1), 976–984.
- Kamil, G. (2021). Penerapan Model Desain Instruksional Dick And Carey Dalam Pembelajaran Matematika Kelas VIII Semester Genap SMP Pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *Perspektif*, 1(1), 100–111.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2016). *Panduan Pelaksanaan Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM) dalam Pengajaran dan Pembelajaran*. Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Khairani, F., Ningtias, I. W. U., & Destini, F. (2021). Analisis kebutuhan multimedia interaktif perkuliahan e-learning pada mata kuliah Landasan Kependidikan. *Jurnal Basicedu Journal of Elementary Education*, 5(6), 5530–5541. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1582>
- Khairiyah, N. (2019). *Pendekatan Science, Technology, Engineering dan Mathematics (STEM)*. CV Guepedia.com.
- Khoiriyah, N. (2018). *Implementasi Pendekatan Pembelajaran STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Gelombang Bunyi*. Universitas Lampung.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Komariah, S., Suhendri, H., & Hakim, A. R. (2018). Pengembangan media pembelajaran matematika siswa SMP berbasis Android. *JKPM (Jurnal*

Kajian Pendidikan Matematika), 4(1), 43–52.

- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM Education through Project-Based Learning. *Learning.Com*.
<https://www.learning.com/stem/whitepaper/integrated-STEM-through-Project-based-Learning>
- Laknasa, D. P. A., Abdullah, A. W., Pauweni, K. A. Y., Usman, K., & Kaluku, A. (2021). Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Melalui Pembelajaran Multimedia Interaktif dengan Model Discovery Learning. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 9(2), 103–108.
- Latip, A. D. A., & Supriatna, A. (2023). Strategy of Project Based Learning (PJBL) Based on Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in Growing Active and Creative Students. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 8(2), 198–221.
- Liriwati, F. Y. (2023). Revolusi Digital dan Merdeka Belajar: Meningkatkan Daya Saing Siswa di Era Teknologi. *Journal Innovation In Education*, 1(3), 221–231.
- Lubis, D. C., Harahap, F. K. S., Syahfitri, N., Sazkia, N., & Siregar, N. E. (2024). Pembelajaran Berbasis Proyek: Mengembangkan Keterampilan Abad 21 di Kelas. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 1292–1300.
- Maiyana, E., & Mengkasrinal, T. (2017). Pengembangan Sistem Informasi Surat Keterangan Pendamping Ijazah Berbasis Web dan Mobile Android. *Prosiding SISFOTEK*, 1(1), 7–16.
- Marhaeni, N. H., Melvinasari, M., & Amirin, I. (2023). Respons Siswa SMK terhadap Media Pembelajaran Berbantuan Software MIT App Inventor 2 pada Materi Logika Matematika. *Journal on Education*, 5(2), 2297–2304.
- Maryland State Department of Education. (2012). *Maryland State STEM Standards of Practice Framework Grades K-5*. April, 1–48.
http://mdk12.org/instruction/academies/MDSTEM_Framework_GradesK-5.pdf
- Marzuki, A., & Rini, J. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Android Menggunakan MIT App Inventor pada Materi Peluang untuk Siswa SMA Kelas XII. *SANTIKA: Seminar Nasional Tadris Matematika*, 1, 612–635.
- Mikolajczyk, T., Fuwen, H., Moldovan, L., Bustillo, A., Matuszewski, M., & Nowicki, K. (2018). Selection of machining parameters with Android application made using MIT App Inventor bookmarks. *Procedia Manufacturing*, 22, 172–179.
- Moursund, D., Bielefeldt, T., & Underwood, S. (1997). Foundations for The Road Ahead: Project-based learning and information technologies. *Washington, DC: National Foundation for the Improvement of Education*.
- Mukhni, M., Mirna, M., & Khairani, K. (2020). Penggunaan teknologi informasi sebagai media pembelajaran dalam pembelajaran matematika sma.

- Hipotenusa Journal of Research Mathematics Education (HJRME)*, 3(1), 1–9.
- Mulyana, E. (2012). *App Inventor: Ciptakan Sendiri Aplikasi Androidmu*. Andi, Yogyakarta.
- Muna, S. G., & Malasari, P. N. (2021). Integrasi Budaya Islam pada DINAMITE: Media Sosialisasi Ramah Lingkungan dan Eskalasi Keterampilan Matematika. *Circle: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2), 161–171.
- Munadi, Y. (2009). *Persepsi Guru Ekonomi Terhadap Urgensi Media Pembelajaran Di Kelas: Study Kasus di Yayasan Pendidikan Dua Mei Ciputat Tangerang*. UIN Syarif Hidayatullah.
- Munir. (2015). *Multimedia Konsep dan Aplikasi dalam Pendidikan*. Alfabeta, Bandung.
- Mutiara, F. B., Komikesari, H., & Asiah, N. (2019). Efektivitas model kooperatif tipe Course Review Horay (CRH) terhadap hasil belajar fisika siswa. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 116–122.
- Nanda, W. (2022). *Pengaruh Model PjBL (Project Based Learning) Dengan Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Arts And Mathematics) Terhadap Kemampuan Computational Thinking Pada Pelajaran Fisika*. UIN Raden Intan Lampung.
- National Academy of Engineering, & the National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research The. The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Negara, H. R. P., Syaharuddin, S., Kurniawati, K. R. A., Mandailina, V., & Santosa, F. H. (2019). Meningkatkan Minat Belajar Siswa Melalui Pemanfaatan Media Belajar Berbasis Android Menggunakan MIT App Inventor. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 2(2), 42–45.
- Nieveen, N. (1999). *Design Approaches and Tools in Education and Training*. Springer, Berlin.
- Ninghardjanti, P., Dirgatama, M. P. C. H. A., & Wirawan, M. P. A. W. (2021). *Pembelajaran Multimedia Berbasis Mobile Learning*. CV Pena Persada, Banyumas.
- Nisa, A., MZ, Z. A., & Vebrianto, R. (2021). Problematika Pembelajaran Matematika di SD Muhammadiyah Kampa Full Day School. *El-Ibtidaiy: Journal of Primary Education*, 4(1), 95–105.
- Noer, S. H. (2019). *Desain Pembelajaran Matematika*. Graha Ilmu, Tangerang.
- Nurlaeli, N., Noornia, A., & Wiraningsih, E. D. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa ditinjau dari Adversity Quotient. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 4(2), 145–154. <https://doi.org/10.24853/fbc.4.2.145-154>
- Oktaya, I., & Panggabean, E. M. (2022). Ketepatan dan Efektivitas Penggunaan

- Teori Belajar dalam Pembelajaran Matematika dengan Model Project Based Learning pada Kurikulum Merdeka Belajar. *Journal of Mathematics in Teaching and Learning*, 1(1), 10–14.
- Pamungkas, I., Zubaidah, Z., & Ijuddin, R. (2019). Penerapan Model Project Based Learning Pada Materi Barisan Dan Deret Aritmatika Di SMK. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 8(3). <https://doi.org/10.26418/jppk.v8i3.31535>
- Perkins, C., & Murphy, E. (2006). Identifying and measuring individual engagement in critical thinking in online discussions: An exploratory case study. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(1), 298–307.
- Prabawati, P. L. S., & Agustika, G. N. S. (2020). Project-based learning based on STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) enhancing students science knowledge competence. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(4), 621–629. <https://doi.org/10.23887/jisd.v4i4.26670>
- Pratiwi, G., Sova, F., Putra, F. G., Putra, R. W. Y., Kusuma, A. P., & Rahmawati, N. K. (2020). The Influence of Project-based Learning (PjBL) and Learning Style om Mathematics Communication Skills of Junior High School Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 12064. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012064>
- Priatna, N., Lorenzia, S. A., & Muchlis, E. E. (2020). Pengembangan Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 20(3), 347–359. <https://doi.org/10.17509/jpp.v20i3.29636>
- Purwati, R., Hobri, H., & Fatahillah, A. (2016). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan masalah persamaan kuadrat pada pembelajaran model creative problem solving. *KadikMA*, 7(1), 84–93. <https://doi.org/10.19184/kdma.v7i1.5471>
- Rahmah, A. N., Zulkarnain, Z., & Hutapea, N. M. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbasis Model Problem Based Learning Untuk Memfasilitasi Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas VII SMP/MTs. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 125–138.
- Risal, Z., Hakim, R., & Abdullah, A. R. (2022). *Metode Penelitian dan Pengembangan : Konsep, Teori-Teori, dan Desain Penelitian*. CV. Literasi Nusantara Abadi, Malang.
- Risma, R. (2019). *Pengembangan Android Mobile Learning Menggunakan MIT App Inventor Sebagai Media Pembelajaran Matematika Pada Materi Dasar-Dasar Logika*. UIN Raden Intan Lampung.
- Risti, D. (2021). Pengembangan Komik Interaktif Soal Cerita Matematika Berbasis TPACK untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas IV SD. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education*, 6(2), 204–220. <https://doi.org/10.23969/symmetry.v6i2.4788>
- Rizkita, K., & Saputra, B. R. (2020). Bentuk penguatan pendidikan karakter pada

- peserta didik dengan penerapan reward dan punishment. *Pedagogi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 20(2), 69–73.
- Rosidin, U. (2017). *Evaluasi dan Asesmen Pembelajaran*. Media Akademi, Yogyakarta.
- Rustaman, N. Y. (2016). Pembelajaran sains masa depan berbasis STEM education. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Edukasi*, 1, 1–17.
- Sadieda, L. U., Wahyudi, B., Kirana, R. D., Kamaliyyah, S., & Arsyavina, V. (2022). Implementasi model blended learning pada pembelajaran matematika berbasis kurikulum merdeka. *JRPM (Jurnal Review Pembelajaran Matematika)*, 7(1), 55–72.
- Sadiman, A. S., Harjito, Haryono, A., & Rahardjo, R. (2014). *Media pendidikan : pengertian, pengembangan, dan pemanfaatannya*. PT Raja Grafindo Persada.
- Saenab, S., Rahma, S., & Virninda, A. N. (2019). PjBL untuk Pengembangan Keterampilan Mahasiswa: Sebuah Kajian Deskriptif tentang Peran PjBL dalam Melejitkan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Mahasiswa. *Peran Penelitian Dalam Menunjang Percepatan Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia*.
- Safira, I. (2021). *Model Pembelajaran STEMBL (Science, Technology, Engineering, and Mathematics Berbasis Blended Learning)*. Bintang Pustaka Madani.
- Safitri, W. L., Darma, Y., & Haryadi, R. (2021). Pengembangan Modul Pembelajaran dengan Metode Inkuiri terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Materi Segi Empat dan Segitiga Siswa SMP. *Numeracy*, 8(1), 25–40. <https://doi.org/10.46244/numeracy.v8i1.1333>
- Sari, R. N., Mujib, M., & Andriani, S. (2019). Penggunaan Graded Response Models (GRM) dalam Menganalisis Proses Berpikir Kritis Matematis. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 2(1), 175–188.
- Shaw, A., Liu, O. L., Gu, L., Kardonova, E., Chirikov, I., Li, G., Hu, S., Yu, N., Ma, L., & Guo, F. (2020). Thinking critically about critical thinking: validating the Russian HEIghten® critical thinking assessment. *Studies in Higher Education*, 45(9), 1933–1948. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1672640>
- Simbolon, L. P. (2023). *Pengembangan LKPD Dalam Model Pembelajaran Interaktif Setting Kooperatif (PISK) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa*. Universitas Lampung.
- Sintawati, M., Indriani, F., & Abdurrahman, G. (2019). Technological Content Knowledge Mahasiswa PGSD Dalam Mengembangkan Multimedia Pembelajaran Matematika. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 3(2), 193–204.
- Siswono, T. Y. E. (2016). Berpikir kritis dan berpikir kreatif sebagai fokus pembelajaran matematika. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika (Senatik 1)*, 11–26.

- Stianingsih, L., & Al Farisi, T. (2024). Penggunaan Komputer dalam Pendidikan: Mengubah Paradigma Pembelajaran. *Journal of Education Research*, 5(3), 3122–3127.
- Sudijono, A. (2013). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Sudjimat, D. A., Nyoto, A., & Romlie, M. (2021). *Interdisciplinary Project-Based Learning*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), Malang.
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Sulistiyani, Y. (2015). *Pengembangan Media Kamus Elektronik Matematika Berbasis Android Pada Materi Segiempat Dan Segitiga Kelas Vii Mts Tarbiyatul Wathon Glagah Lamongan*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Sunyoto, A. (2010). *Adobe Flash + XML = Rich Multimedia Application*. CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Supardi, N., Rakhmawati, R., & Rinaldi, A. (2018). Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Kegiatan Transaksi Kewirausahaan Materi Sistem Persamaan Linier Dua Variabel. *Desimal: Jurnal Matematika*, 1(1), 49–55. <https://doi.org/10.24042/djm.v1i1.2012>
- Suri, I. R. A., Rinaldi, A., & Nurfadila, N. (2020). Kemampuan berpikir kritis tingkat tinggi (matematis) pada materi relasi fungsi dengan pengembangan e-modul dan kvisoft flipbook maker. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 3(2), 91–100.
- Surjono, H. D. (2017). *Multimedia Pembelajaran Interaktif*. UNY Press, Yogyakarta.
- Syarifah, S. R. (2022). *Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbantuan MIT App Inventor Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis*. UIN Raden Intan Lampung.
- Syukri, M., Halim, L., & Meerah, T. S. M. (2013). Pendidikan STEM dalam Entrepreneurial Science Thinking ‘ESciT’: Satu Perkongsian Pengalaman dari UKM untuk ACEH. *Aceh Development International Conference*, 26–28.
- Tan, M. (2018). Why STEM? Why now? Educating for technologies, or technologies for education? *Learning: Research and Practice*, 4(2), 203–209.
- Titu, M. A. (2015). Penerapan model pembelajaran project based learning (PjBL) untuk meningkatkan kreativitas siswa pada materi konsep masalah ekonomi. *Prosiding Seminar Nasional*, 9, 176–186.
- Torrison, G., & Davis, G. (2000). Online learning as a catalyst for reshaping practice—the experiences of some academics developing online learning materials. *International Journal for Academic Development*, 5(2), 166–176.
- Trianto. (2011). *Pengantar Penelitian Pendidikan Bagi Pengembangan Profesi*

Pendidikan Dan Tenaga Kependidikan. Kencana, Jakarta.

- Ulya, F. I., Istikomah, A., & Farichah, R. N. (2023). Peningkatan Partisipasi Siswa Melalui Media Interaktif IPAS Berbasis Project Based Learning di Sekolah Dasar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Profesi Guru*, 1(2), 1991–1998.
- Wahana Komputer. (2013). *Pemrograman Android Dengan APP Inventor: No Experience Required!* Wahana Komputer. Andi, Yogyakarta.
- Wahyunita, I., & Subroto, W. T. (2021). Efektivitas model pembelajaran blended learning dengan pendekatan STEM dalam upaya meningkatkan kemampuan berfikir kritis peserta didik. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 1010–1021.
- Wati, P., Nusantara, T., & Utama, C. (2024). Efektivitas PjBL-STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 126–143.
- Wildanudin, D. (2019). *Pengembangan Media Pembelajaran Mobile Learning Trigonometri dengan Menggunakan APP Inventor*. FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Wira, A. (2021). Validitas dan efektivitas media pembelajaran berbasis android mata pelajaran komputer dan jaringan dasar. *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, 3(1), 1–10.
- Wiratman, A., Bungawati, B., & Rahmadani, E. (2023). Project-Based Learning Integrated With Science, Technology, Engineering, and Mathematics (Stem) To the Critical Thinking Skills of Students in Elementary School. *SITTAH: Journal of Primary Education*, 4(2), 167–180. <https://doi.org/10.30762/sittah.v4i2.1828>
- Yanti, R. A., & Novaliyosi, N. (2023). Systematic Literature Review: Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap Skill yang dikembangkan dalam Tingkatan Satuan Pendidikan. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 2191–2207. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2463>
- Yoyon, E. (2018). Rancangan Aplikasi Game Edukasi Berbasis Mobile Menggunakan App Inventor. *Jurnal Intra-Tech*, 2(1).
- Yuberti, & Saregar, A. (2017). *Pengantar Metodologi Penelitian Pendidikan Matematika Dan Sains*. Anugrah Utama Raharja, Lampung.
- Yuwana, C. A. R., Ariyanto, L., & Harun, L. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Pocket Book Berbasis Kearifan Lokal Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP. *JIPMat*, 8(1), 1–10.