

**PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERBASIS *OPEN-ENDED PROBLEM* UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASI MATEMATIS**

Tesis

Oleh

**ABDUL AZIZ
NPM 2323021033**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERBASIS *OPEN-ENDED PROBLEM* UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASI MATEMATIS**

**OLEH
ABDUL AZIZ**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
Magister Pendidikan**

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan Matematika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS *OPEN-ENDED PROBLEM* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASI MATEMATIS

Oleh
Abdul Aziz

Penelitian ini merupakan jenis *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis peserta didik. Pengembangan dilakukan dengan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Uji coba dilakukan pada peserta didik kelas X MAN 1 Mesuji tahun ajaran 2025/2026 dengan materi fungsi kuadrat. Data penelitian dikumpulkan melalui angket validasi ahli, angket kepraktisan guru dan siswa, serta tes kemampuan berpikir komputasi matematis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* memiliki tingkat validitas yang tinggi, dengan rata-rata skor penilaian ahli materi sebesar 0,75 dan ahli media sebesar 0,72. Modul dinilai praktis berdasarkan tanggapan guru sebesar 0,78 dan tanggapan siswa sebesar 0,89. Hasil uji efektivitas menunjukkan rata-rata *N-Gain* sebesar 0,76 yang termasuk dalam kategori tinggi. Berdasarkan hasil uji diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar $0,048 < 0,05$. Berdasarkan kriteria pengujian, karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata *N-Gain* kemampuan berpikir komputasi matematis siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dari uji proporsi diperoleh proporsi siswa yang mencapai Kategori Ketuntasan Target Pembelajaran pada kelas eksperimen ($KKTP \geq 70$) secara signifikan lebih besar dari 60%. Dari tiga kriteria tersebut modul dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis. Dengan demikian, modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dinyatakan valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis peserta didik.

Kata Kunci: Modul Pembelajaran, *Open-ended problem*, Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICS LEARNING MODULE BASED ON *OPEN-ENDED PROBLEM* TO IMPROVE STUDENTS' COMPUTATIONAL THINKING ABILITY

By
Abdul Aziz

This study is a type of *Research and Development* (R&D) aimed at developing a mathematics learning module based on the *open-ended problem* approach that is valid, practical, and effective in enhancing students' *Computational Thinking* skills. The development process employed the ADDIE model, which consists of the stages of *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. The product trial was conducted with tenth-grade students of MAN 1 Mesuji in the 2025/2026 academic year, focusing on the topic of quadratic functions. Data were collected through expert validation questionnaires, teacher and student practicality questionnaires, and *Computational Thinking* ability tests.

The research analysis indicated that the mathematics learning module based on the *open-ended problem* approach achieved a high level of validity, with an average score of 0.75 from material experts and 0.72 from media experts. The module was considered practical based on teacher responses with an average score of 0.78 and student responses with an average score of 0.89. The effectiveness test showed that students' *Computational Thinking* skills improved significantly compared to the control class, with an average *N-Gain* of 0.76, categorized as high. Based on the test results, the significance value (Sig. 2-tailed) obtained was $0.048 < 0.05$. According to the testing criteria, since the significance value is lower than 0.05, H_0 is rejected. Thus, it can be concluded that there is a significant difference between the mean *N-Gain* of students' mathematical computational thinking abilities in the experimental class and the control class. The proportion test also shows that the proportion of students in the experimental class who achieved the Learning Mastery Target Category ($KKTP \geq 70$) is significantly greater than 60%. Based on these three criteria, the module is declared effective in improving students' mathematical computational thinking abilities. Therefore, the mathematics learning module based on the *open-ended problem* approach is declared valid, practical, and effective for use in mathematics learning to improve students' *Computational Thinking* skills.

Keywords: Mathematics Learning Module, *Open-ended problem*, *Mathematics Computational Thinking*.

Judul Tesis

**PENGEMBANGAN MODUL
PEMBELAJARAN MATEMATIKA
BERBASIS *OPEN-ENDED PROBLEM*
UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASI
MATEMATIS**

Nama Mahasiswa

Abdul Aziz

Nomor Pokok Mahasiswa

2323021033

Program Studi

Magister Pendidikan Matematika

Jurusan

Pendidikan MIPA

Fakultas

Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

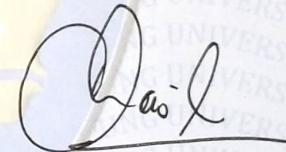
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



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

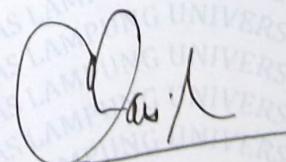
Mengetahui,

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

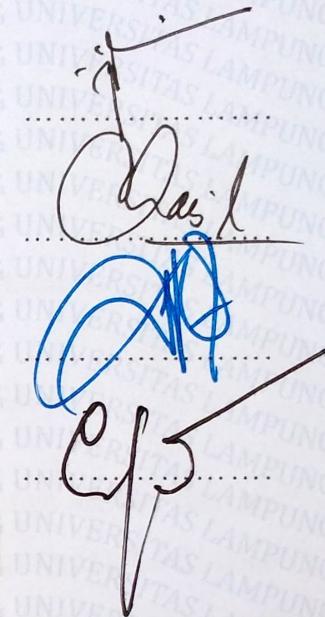
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Sugeng Sutiarso, M.Pd.

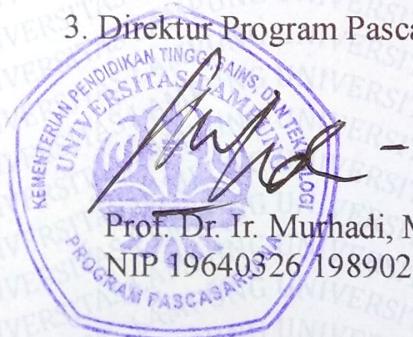
Sekretaris : Dr. Caswita, M.Si.

Penguji Bukan Pembimbing : 1. Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
2. Dr. Chika Rahayu, M.Pd.





3. Direktur Program Pascasarjana



4. Tanggal Lulus Ujian Tesis: 05 Desember 2025

PERNYATAAN TESIS MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Abdul Aziz
Nomor Pokok Mahasiswa : 2323021033
Program Studi : Magister Pendidikan Matematika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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

Bandar Lampung, 05 Desember 2025



Yang Menyatakan

Abdul Aziz
NPM. 2323021033

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pandeglang, Provinsi Banten pada 17 Oktober 1999. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Muflih dan Ibu Eroh Rohayati. Penulis memiliki seorang adik laki-laki bernama Ujang Bahrudin dan adik perempuan bernama Umus Musarofah.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Simpang Pematang yang sekarang menjadi SD Negeri 8 Mesuji pada tahun 2012, pendidikan menengah pertama di MTs Negeri 1 Mesuji pada tahun 2015, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Simpang Pematang pada tahun 2018.

Penulis melanjutkan pendidikan tinggi jenjang sarjana (S1) di Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung, dan lulus pada tahun 2022. Kemudian, penulis melanjutkan studi magister (S2) di Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

MOTTO

"Kalau kita kondisikan sedemikian rupa, impian itu lambat laun akan menjadi nyata. Pada waktu yang tak pernah kita sangka-sangka."

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Dzat Yang Maha Sempurna. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Uswatun Hasanah Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wassalam. Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayangku kepada.

1. Bapakku (Mufligh) dan Ibuku (Eroh Rohayati) tercinta yang telah membesarkan dan mendidikku dengan penuh kasih sayang, selalu mendoakan dan mendukungku, serta memberikan segala sesuatu yang terbaik untukku.
2. Adikku (Ujang Bahrudin) dan (Umus Musarofah) yang telah memberikan doa, dan dukungan selama masa studiku.
3. Seluruh keluarga, sahabat dan rekan-rekan yang telah membersamai, menasehati, dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
4. Keluarga besar Magister Pendidikan Matematika Angkatan 2023 yang dengan tulus memotivasi dan membersamaiku.
5. Para pendidik yang telah mengajar dengan penuh kesabaran, semoga ilmu yang telah kalian berikan dapat menjadi berkah dan amal jariyah.
6. Almamater tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

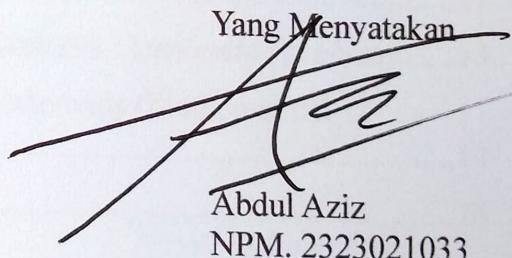
Alhamdulillahi Robbil 'Alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan tesis ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah manusia yang akhlaknya paling mulia, yang telah membawa perubahan luar biasa, menjadi uswatan hasanah, yaitu Rasulullah Muhammad SAW. Tesis yang berjudul “Pengembangan Modul Pembelajaran Matematika berbasis *Open-ended problem* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus ikhlas kepada:

1. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan sumbangan pemikiran, kritik, dan saran, serta memberikan perhatian dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Sugeng Sutiarno, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan sumbangan pemikiran, kritik, dan saran, serta memberikan perhatian dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
3. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku dosen pembahas I yang telah memberi masukan dan saran-saran kepada penulis serta telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Ibu Dr. Chika Rahayu, M.Pd., selaku dosen pembahas II yang telah memberi segala masukan, serta saran-saran konstruktif yang telah diberikan kepada penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Matematika, yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Lampung beserta Tenaga Kependidikan Program Pasca Sarjana yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu dosen Magister Pendidikan Matematika di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis.
9. Bapak dan Ibu Guru serta Peserta Didik di MAN 1 Mesuji, terimakasih atas kerjasama, doa, dan dukungan yang diberikan.
10. Rekan-rekan dari Magister Pendidikan Matematika Universitas Lampung angkatan 2023, terimakasih atas dukungannya selama ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini. Semoga dengan kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan pada penulis mendapat balasan pahala dari Tuhan Yang Maha Esa dan semoga tesis ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 05 Desember 2025

Yang Menyatakan



Abdul Aziz
NPM. 2323021033

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Kajian Teori	10
2.1.1. Modul Pembelajaran	10
2.1.2. <i>Open-ended problem</i>	11
2.1.3. Modul Pembelajaran Matematika Berbasis <i>Open-ended problem</i>	13
2.1.4. Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis (Mathematical <i>Computational Thinking</i>)	14
2.2 Definisi Operasional.....	16
2.3 Kerangka Pikir.....	16
2.4 Hipotesis Penelitian.....	18
III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Jenis Penelitian.....	19
3.2. Prosedur Penelitian.....	19
3.3. Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian.....	33
3.4. Teknik Pengambilan Data	35
3.5. Instrumen Penelitian.....	38

3.5.1. Instrumen Non-Tes	38
3.5.2. Instrumen Tes	43
3.6. Teknik Analisis Data	52
3.6.1 Analisis Data Hasil Wawancara	52
3.6.2 Analisis Data Hasil Observasi	52
3.6.3 Analisis Data Kevalidan Modul Pembelajaran	53
3.6.4 Analisis Data Kepraktisan Modul Pembelajaran	54
3.6.5 Analisis Data Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	55
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1. Hasil Penelitian	60
4.1.1 Hasil Analisis Data Validitas Modul Pembelajaran Matematika Berbasis <i>Open-ended problem</i>	60
4.1.2 Hasil Analisis Data Kepraktisan Modul Pembelajaran Matematika Berbasis <i>Open-ended problem</i>	67
4.1.3 Hasil Analisis Data Keefektifan Modul Pembelajaran Matematika Berbasis <i>Open-ended problem</i>	69
4.2. Pembahasan	75
V. KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Instrumen Wawancara Guru	39
Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Wawancara Siswa	39
Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Observasi	40
Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Angket Validasi Materi	41
Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Angket Validasi Media.....	41
Tabel 3. 6 Kisi-Kisi Angket Kepraktisan Modul untuk Guru	42
Tabel 3. 7 Kisi-Kisi Angket Kepraktisan Modul untuk Siswa	43
Tabel 3. 8 Kisi-Kisi <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	44
Tabel 3. 9 Kisi-Kisi <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis.....	45
Tabel 3. 10 Hasil Analisis Validitas Butir Soal <i>Pretest</i>	47
Tabel 3. 11 Hasil Analisis Validitas Butir <i>Posttest</i>	47
Tabel 3. 12 Kategori Reliabilitas.....	48
Tabel 3. 13 Klasifikasi Daya Pembeda	50
Tabel 3. 14 Hasil Analisis Daya Pembeda	50
Tabel 3. 15 Interpretasi Tingkat Kesukaran	51
Tabel 3. 16 Analisis Tingkat Kesukaran.....	51
Tabel 3. 17 Skor Penilaian Validasi Ahli (dimodifikasi).....	53
Tabel 3. 18 Kategori Validasi	53
Tabel 3. 19 Skor Penilaian Angket.....	54
Tabel 3. 20 Kategori Kepraktisan.....	55
Tabel 3. 21 Kategori Pengelompokan Rata-Rata <i>N-Gain</i> (Dimodifikasi)	56
Tabel 3. 22 Hasil Uji Normalitas Data <i>N-Gain</i>	57
Tabel 4. 1 Penilaian Validasi Ahli Materi pada Modul Pembelajaran.....	61
Tabel 4. 2 Penilaian Validasi Ahli Media pada Modul Pembelajaran	64
Tabel 4. 3 Hasil Tanggapan Guru Terhadap Modul Pembelajaran.....	68
Tabel 4. 4 Hasil Tanggapan Siswa terhadap Modul Pembelajaran	68
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Deskriptif Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	71
Tabel 4. 6 Hasil Uji Proporsi Data <i>N-Gain</i>	73
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Tiap Indikator.....	74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Ilustrasi Pusat Pelatihan Sepak Bola Karelbosi.....	3
Gambar 1. 2 Kesulitan siswa dalam dekomposisi masalah.....	3
Gambar 1. 3 Kesulitan siswa dalam algoritma.....	4
Gambar 1. 4 Kesulitan siswa dalam abstraksi.....	4
Gambar 3. 1 Konsep ADDI-E	19
Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Cover Modul	27
Gambar 3. 3 Penambahan Ikon dan Ilustrasi Pendukung	28
Gambar 3. 4 Penambahan Elemen Simulasi Interaktif	28
Gambar 3. 5 Tujuan Pembelajaran	29
Gambar 3. 6 Integrasi <i>Open-ended problem</i>	29
Gambar 3. 7. Proses Uji Lapangan.....	32
Gambar 4. 1 Isi Modul Sebelum dan Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 1.....	62
Gambar 4. 2 Isi Modul Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 2	62
Gambar 4. 3 Isi Modul Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 3	63
Gambar 4. 4 Tampilan Modul Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 1	65
Gambar 4. 5 Tampilan Modul Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 2	66
Gambar 4. 6 Tampilan Modul Sesudah Perbaikan Berdasarkan Saran Validator 3	67
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Tes Kemampuan Berpikir Komputasi matematis Kelas Eksperimen dan Kontrol	70
Gambar 4. 8 Grafik Data <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen.....	71
Gambar 4. 9 Aktivitas <i>Open-Ended Problem</i> pada Modul	76
Gambar 4. 10 Aktivitas Refleksi pada Modul.....	78
Gambar 4. 11 Petunjuk yang Jelas untuk Guru.....	80
Gambar 4. 12 Pengamatan Perubahan Grafik	81
Gambar 4. 13 Contoh Jawaban Siswa pada <i>Pretest</i>	83
Gambar 4. 14 Contoh Jawaban Siswa pada Soal Nomor 2.....	85
Gambar 4. 15 Contoh Jawaban Siswa pada Soal Nomor 3.....	87

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A. 1 Capaian Pembelajaran (CP) , dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)	101
Lampiran A. 2 Rencana Pembelajaran Fungsi Kuadrat	103
Lampiran A. 3 Modul pembelajaran matematika berbasis <i>Open-ended Problem</i>	108
Lampiran B. 1 Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis.....	109
Lampiran B. 2 Instrumen Studi Pendahuluan	121
Lampiran B. 3 Angket Validasi Materi	124
Lampiran B. 4 Angket Validasi Media	126
Lampiran B. 5 Angket Kepraktisan Modul untuk Guru.....	128
Lampiran B. 6 Angket Kepraktisan Modul untuk Siswa	131
Lampiran C. 1 Hasil Wawancara Guru	133
Lampiran C. 2 Hasil Wawancara Siswa	134
Lampiran C. 3 Hasil Observasi	135
Lampiran C. 4 Analisis Hasil Validasi Ahli Materi.....	137
Lampiran C. 5 Analisis Hasil Validasi Ahli Media	143
Lampiran C. 6 Hasil Perhitungan Validasi Ahli Materi	149
Lampiran C. 7 Hasil Validasi Ahli Media	152
Lampiran C. 8 Analisis Angket Kepraktisan Modul untuk Guru.....	154
Lampiran C. 9 Analisis Angket Kepraktisan Modul untuk Siswa	158
Lampiran D. 1 Hasil Uji coba Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis.....	171
Lampiran D. 2 Hasil Uji coba Instrumen <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	172
Lampiran D. 3 Analisis Uji Validitas Isi Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	173
Lampiran D. 4 Analisis Uji Validitas Isi Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	174
Lampiran D. 5 Analisis Uji Validitas Empiris Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	175
Lampiran D. 6 Analisis Uji Validitas Instrumen <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	176

Lampiran D. 7 Analisis Uji Reliabilitas Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	177
Lampiran D. 8 Analisis Uji Reliabilitas Instrumen <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	178
Lampiran D. 9 Analisis Tingkat Kesukaran Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	179
Lampiran D. 10 Analisis Tingkat Kesukaran Instrumen <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	180
Lampiran D. 11 Analisis Daya Pembeda Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	181
Lampiran D. 12 Analisis Daya Pembeda Instrumen <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	182
Lampiran D. 13 Data Skor <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis Kelas Kontrol	183
Lampiran D. 14 Data Skor <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis Kelas Kontrol	184
Lampiran D. 15 Data Skor <i>Pretest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis Kelas Eksperimen.....	185
Lampiran D. 16 Data Skor <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis Kelas Eksperimen.....	186
Lampiran D. 17 Analisis Uji Normalitas Data <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen.....	187
Lampiran D. 18 Analisis Uji Normalitas Data <i>N-Gain</i> Kelas Kontrol	189
Lampiran D. 19 Analisis Homogenitas Data <i>N-Gain</i>	191
Lampiran D. 20 Analisis Keefektifan Data <i>N-Gain</i>	193
Lampiran D. 21 Uji Proporsi.....	194
Lampiran E. 1 Surat Permohonan Validator.....	196
Lampiran E. 2 Surat Izin Penelitian	199
Lampiran E. 3 Surat Balasan Penelitian.....	200
Lampiran E. 4 Dokumentasi Penelitian	201

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembelajaran matematika terus mengalami perkembangan, tidak hanya dalam metode pembelajaran tetapi juga dalam pendekatan yang lebih adaptif terhadap kebutuhan zaman. Transformasi pembelajaran menuju pendekatan yang lebih eksploratif dan kreatif sangat diperlukan dalam mengasah kemampuan seperti berpikir komputasi guna menghadapi tantangan di era teknologi yang terus berkembang (Rahman, 2018). Pembelajaran yang eksploratif memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep matematika secara mendalam, tetapi juga mengembangkan pola pikir kritis dan solutif sehingga peran matematika dalam perkembangan teknologi semakin nyata (Engelbrecht & Borba, 2024). Sejalan dengan itu, Viberg et al. (2023) menegaskan bahwa pentingnya kontribusi matematika terhadap kemajuan teknologi mengharuskan dunia pendidikan untuk menyiapkan siswa yang kompeten dalam berpikir komputasional.

Rentang tahun 2006 hingga sekarang, kemampuan berpikir komputasi telah menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian pendidikan, terutama karena tuntutan dunia kerja dan akademik semakin membutuhkan keterampilan ini (Nuraini et al., 2023). Hsu et al. (2018) menjelaskan bahwa berpikir komputasi (CT) merupakan kompetensi penting yang dibutuhkan untuk beradaptasi di masa depan, terutama karena membantu dalam pemecahan masalah dan pengambilan Keputusan. Kemampuan berpikir komputasi matematis dipandang sebagai dasar konseptual yang diperlukan untuk memecahkan masalah secara efektif dan efisien serta dapat digunakan di berbagai konteks (Shute et al., 2017). Berbagai penelitian, seperti yang dilakukan Aisy & Hakim (2023) menjelaskan bahwa berpikir komputasi tidak hanya penting dalam bidang ilmu komputer, tetapi juga relevan di

berbagai disiplin ilmu, termasuk matematika. Kemampuan ini mencakup pemecahan masalah yang melibatkan penguraian masalah kompleks menjadi komponen yang lebih kecil, serta kemampuan untuk merancang solusi yang efisien melalui pendekatan algoritmik (Nuraini et al., 2023). Penelitian lainnya menemukan bahwa banyak studi yang menunjukkan bahwa penerapan berpikir komputasi dalam pembelajaran matematika tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep tetapi juga memfasilitasi keterampilan berpikir kritis siswa (Subramaniam et al., 2022). Hal ini didukung oleh penelitian yang mengungkapkan bahwa kemampuan berpikir komputasi berkorelasi positif dengan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, yang menjadi faktor penting dalam kesuksesan di abad ke-21 (Cahdriyana & Richardo, 2020; Putri et al., 2024). Hal ini semakin memperkuat urgensi untuk mengintegrasikan pengajaran berpikir komputasi dalam pendidikan matematika.

Dilihat dari urgensinya, kemampuan berpikir komputasi memiliki peran yang sangat penting dalam keterampilan abad-21. Namun, banyak siswa di Indonesia masih menghadapi kesulitan dalam menggunakan kemampuan berpikir komputasi (Juldial & Haryadi, 2024). Berdasarkan hasil PISA 2022, kemampuan matematika siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata internasional, terutama dalam hal pemecahan masalah yang melibatkan pengenalan pola, dekomposisi masalah, maupun algoritma memerlukan kemampuan berpikir komputasi (OECD, 2023). PISA sendiri menilai kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan matematika untuk menyelesaikan masalah dunia nyata, yang sangat erat kaitannya dengan kemampuan berpikir komputasi (Suwarno & Ardani, 2022). Sebagai contoh, salah satu soal PISA meminta siswa untuk menganalisis data dan membuat keputusan berdasarkan informasi tersebut, yang memerlukan kemampuan berpikir logis dan sistematis. Rendahnya hasil ini mencerminkan bahwa banyak siswa Indonesia belum terlatih dalam menggunakan matematika secara aplikatif dan komputasional (Rezkiani & Warmi, 2023).

Pada penelitian pendahuluan ditemukan bahwa kemampuan berpikir komputasi siswa masih rendah, berdasarkan wawancara awal dengan guru dijelaskan bahwa media pembelajaran dan buku-buku sekolah yang digunakan masih menerapkan soal-soal yang hanya memiliki solusi tunggal, sehingga siswa tidak dapat bebas

mengeksplorasi solusi. Sedangkan menurut siswa, pembelajaran yang dilakukan masih kurang menekankan pada soal-soal kontekstual dan hanya terbatas pada soal-soal konseptual. Dari hal uji coba soal kemampuan berpikir komputasi matematis yang diadopsi dari penelitian Munawarah et al. (2021) pada soal berikut:

"Pusat pelatihan sepak bola Karebosi memiliki 3 lapangan sepak bola yang sama besarnya. Setiap lapangan sepak bola memiliki rasio panjang dan lebar adalah 3:2. Di tepi lapangan sepak bola terdapat jalan dengan lebar 3 m di sekitar lapangan sepak bola. Jika keliling masing-masing lapangan sepak bola adalah 3 km dan keseluruhan daerah karebosi adalah total luas lapangan beserta jalan, maka luas daerah Karebosi secara keseluruhan adalah..."



Gambar 1.1 Ilustrasi Pusat Pelatihan Sepak Bola Karebosi

Diperoleh beberapa jawaban siswa yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir komputasi siswa masih perlu ditingkatkan, seperti pada jawaban berikut:

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{Misal Panjang} &= 3x \\
 \text{lebar} &= 2x \\
 3000 \text{ m} \times 3 \text{ lapangan} \\
 &= 9000 \text{ m} \\
 9000 \text{ m} \times 3 \text{ m jalan} \\
 9000 \times 3 &= 27.000 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Gambar 1.2 Kesulitan siswa dalam dekomposisi masalah

Pada jawaban siswa dapat disimpulkan bahwa siswa belum dapat mendekomposisi masalah dengan baik, namun siswa sudah dapat melakukan abstraksi, namun belum dapat memahami tujuan penyelesaian.

↳	luas lapangan kribosi
↳	= luas kribosi = $3 \times$ luas setiap lapangan
↳	= " = $3 \times 590.000 \text{ m}^2$
↳	= $1.620.000 \text{ m}^2$

Gambar 1.3 Kesulitan siswa dalam algoritma

Dari jawaban siswa di Gambar 1.3 siswa melupakan detail masalah seperti lebar jalan yang masih masuk dalam lapangan karebosi, sehingga panjang dan lebar yang di ditentukan kurang tepat. Hal ini menunjukan kurangnya aspek algoritma untuk menyelesaikan masalah dengan perhitungan yang cermat dan memeriksa kembali jawaban.

↳	$K = 2 \cdot (P + 1)$
↳	$3.000 = 2 \cdot (3 + 2)$
↳	$3.000 = 10$
↳	$\frac{3.000}{10} = 300 \text{ m}^2$

Gambar 1.4 Kesulitan siswa dalam abstraksi

Dari Gambar 1.4 dapat disimpulkan bahwa siswa belum mampu melakukan abstraksi variabl yang diketahui agar mempermudah penyelesaian. Dari hasil observasi awal dan wawancara ini dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir komputasi matematis siswa perlu ditingkatkan. Hal ini juga didukung oleh temuan Grover & Pea (2013) menunjukan bahwa meskipun minat terhadap berpikir komputasi semakin meningkat, banyak siswa masih kesulitan untuk menerapkan konsep-konsep ini secara efektif dalam situasi pemecahan masalah. Selain itu, Tang et al. (2020) menunjukkan bahwa siswa sering kali kurang memiliki keterampilan

komputasi yang diperlukan untuk terlibat dalam tugas pemecahan masalah yang kompleks. Kondisi ini menunjukkan bahwa diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif untuk meningkatkan keterampilan berpikir komputasi siswa, salah satunya adalah dengan mengadopsi pembelajaran berbasis masalah terbuka. Dalam pendekatan ini, siswa dihadapkan pada masalah yang tidak memiliki satu jawaban pasti, melainkan mendorong mereka untuk mengeksplorasi berbagai strategi dan Solusi (Aisy & Hakim, 2023). Hal ini dapat memotivasi siswa untuk berpikir kritis, menganalisis berbagai kemungkinan, dan membuat keputusan yang tepat berdasarkan argumen logis dan data yang tersedia (Ali et al., 2022).

Pembelajaran yang melibatkan penggunaan masalah terbuka (*open-ended problem*) dapat secara efektif membantu siswa dalam mendekomposisi masalah, melakukan abstraksi, dan menyusun langkah-langkah algoritma dalam penyelesaian soal. Melalui penerapan masalah terbuka, siswa terdorong untuk memecah permasalahan menjadi bagian-bagian kecil, mengenali pola, serta menyusun strategi penyelesaian yang logis dan bervariasi (Emara et al., 2021). Ketiga kemampuan tersebut merupakan komponen utama dari berpikir komputasi matematis, yang menuntut siswa untuk berpikir sistematis, reflektif, dan fleksibel dalam memecahkan masalah. Hal ini diperkuat oleh hasil analisis jawaban siswa yang menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional yang berfokus pada soal dengan satu jawaban benar belum memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan dekomposisi, abstraksi, dan algoritma secara optimal, sehingga berpikir komputasi mereka belum terasah dengan baik. Penelitian menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran yang melibatkan *open-ended problem* cenderung lebih termotivasi dan mampu mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep matematika yang kompleks (Yuni & Suryana, 2020). Oleh karena itu, perlu pengajaran matematika yang beralih dari metode yang berfokus pada jawaban tunggal menuju pendekatan yang lebih dinamis dan berorientasi pada eksplorasi dan kreativitas dalam pemecahan masalah (Ermawati & Zuliana, 2020). Untuk mendukung penerapan pembelajaran berbasis *open-ended problem*, diperlukan perangkat pembelajaran yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga mampu menuntun siswa untuk berpikir fleksibel, kreatif, dan reflektif dalam menyelesaikan masalah matematis. Perangkat yang paling sesuai dengan

karakteristik tersebut adalah modul pembelajaran (Istiqoma et al., 2023). Modul pembelajaran dapat dirancang secara sistematis agar siswa dapat belajar secara mandiri, memahami konsep melalui kegiatan yang bersifat terbuka, serta mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Sunantri et al., 2016). Dengan adanya modul, proses pembelajaran menjadi lebih terarah dan memberikan ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi berbagai strategi penyelesaian masalah sesuai dengan kemampuan dan cara berpikirnya masing-masing.

Pengembangan modul ajar berbasis *open-ended problem* sangat diperlukan untuk menjawab tantangan pendidikan matematika di Indonesia, terutama dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa (Soeyono, 2014). Modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dirancang tidak hanya untuk membantu siswa memahami konsep dasar matematika, tetapi juga untuk mendorong mereka menerapkan konsep tersebut dalam konteks masalah yang lebih luas dan realistik (Istifadah et al., 2020). Melalui modul ini, siswa lebih terbiasa dengan cara berpikir komputasi yang melibatkan proses penguraian masalah, analisis, serta sintesis berbagai informasi untuk mencapai solusi. Modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* juga memberi ruang bagi siswa untuk berkolaborasi dan berdiskusi, sehingga mereka dapat saling bertukar ide dan memperkaya proses berpikir mereka (Istifadah et al., 2020; Mayi & Zamzam, 2018). Dengan demikian, pengembangan modul berbasis *open-ended problem* tidak hanya mendukung peningkatan kemampuan komputasi matematis, tetapi juga meningkatkan keterampilan sosial dan komunikasi siswa, yang penting untuk kesuksesan mereka di masa depan.

Konten yang termuat dalam modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dapat memainkan peran kunci dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Dengan memberikan tantangan berupa masalah terbuka, siswa didorong untuk tidak hanya memikirkan satu solusi, tetapi untuk mempertimbangkan berbagai pendekatan dan kemungkinan yang lebih luas (Ananda et al., 2022). Hal ini melatih mereka untuk berpikir analitis, mengidentifikasi pola, dan mengeksplorasi solusi yang mungkin tidak langsung terlihat (Mayi & Zamzam, 2018; Nurlita, 2015). Proses berpikir ini sangat penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir komputasi, di mana siswa belajar

untuk memecah masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, menemukan solusi parsial, dan kemudian menyatukannya kembali menjadi solusi yang lebih komprehensif (Zhang & Nouri, 2019). Penggunaan modul ini juga memungkinkan siswa untuk lebih mandiri dalam belajar, sambil tetap mendapatkan bimbingan dari guru dalam memecahkan masalah yang lebih kompleks.

Pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* ini memiliki sejumlah perbedaan signifikan dibandingkan dengan penelitian pengembangan sebelumnya. Banyak penelitian terdahulu berfokus pada pengembangan modul yang berbasis soal tertutup, yang menekankan pada prosedur tertentu dengan satu solusi yang sudah diketahui. Seperti penelitian Rosanti (2024) dan Ariesandi et al. (2021) yang mengembangkan modul pembelajaran matematika untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa namun masih terfokus pada masalah-masalah tertutup. Sementara itu, pengembangan modul pembelajaran ini lebih menekankan pada eksplorasi, di mana siswa diberi kebebasan untuk menemukan berbagai solusi kreatif, yang sesuai dengan karakteristik masalah terbuka. Selain itu, penelitian sebelumnya lebih banyak menitikberatkan pada penguasaan konsep secara statis, sementara modul ini didesain untuk melatih kemampuan berpikir komputasi yang lebih dinamis. Fokusnya adalah pada pemecahan masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga siswa dapat menerapkan keterampilan komputasi matematis mereka dalam berbagai konteks. Dengan pendekatan yang lebih holistik ini, modul berbasis *open-ended* diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih besar terhadap perkembangan keterampilan berpikir komputasi siswa.

Melihat rendahnya kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, diperlukan suatu inovasi dalam pengembangan bahan ajar yang mampu menstimulasi kemampuan tersebut. Inovasi bahan ajar yang dirancang harus tidak hanya menyajikan materi secara informatif, tetapi juga mampu membangkitkan rasa ingin tahu siswa, mendorong eksplorasi, serta melibatkan mereka dalam aktivitas pemecahan masalah yang lebih kompleks. Oleh karena itu, pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Penelitian ini berfokus pada bagaimana modul ini dirancang dan

diterapkan secara efektif untuk mengatasi keterbatasan yang ada dalam sistem pendidikan saat ini, sekaligus memberikan alternatif pendekatan pembelajaran yang lebih relevan dengan kebutuhan siswa di abad ke-21.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis yang layak yaitu memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis yang layak yaitu memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut

a. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu mengenai pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*, khususnya dalam upaya meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa.

b. Manfaat Praktis

1. Bagi Peneliti: Memberikan wawasan bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dalam pendidikan matematika untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis.

2. Bagi Siswa: Meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis yang esensial untuk memecahkan masalah dalam konteks kehidupan sehari-hari.
2. Bagi Guru: Menyediakan modul pembelajaran yang dapat digunakan sebagai panduan dalam mengajarkan konsep-konsep matematika dengan *open-ended problem*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1. Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran merupakan bahan ajar yang dirancang secara sistematis dan terstruktur untuk membantu siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran tertentu (Suhartono & Kirana, 2020). Modul ini berfungsi sebagai panduan bagi siswa dalam belajar secara mandiri maupun dalam kelompok (Istifadah et al., 2020; Mayi & Zamzam, 2018). Modul pembelajaran sering kali digunakan untuk menyampaikan materi dengan cara yang lebih terfokus dan sistematis, sehingga siswa dapat memahami konsep yang diajarkan dengan lebih baik. Modul ini biasanya mencakup berbagai elemen yang memfasilitasi proses belajar, seperti penjelasan materi, contoh soal, latihan, dan evaluasi (Rosanti, 2024; Sunantri et al., 2016). Modul perlu dirancang dan dikembangkan dengan memperhatikan beberapa elemen seperti: format, organisasi, daya tarik, ukuran huruf, spasi kosong, dan konsistensi (Sihotang H, 2020). Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran adalah bahan ajar yang dirancang secara sistematis untuk membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran tertentu melalui panduan belajar mandiri atau kelompok yang mencakup penjelasan materi, latihan, evaluasi, dan dirancang dengan memperhatikan aspek format, organisasi, dan daya tarik.

Karakteristik modul pembelajaran yang baik mencakup beberapa aspek penting. Menurut Mayi & Z (2018) modul harus memiliki struktur yang jelas, sehingga siswa dapat dengan mudah mengikuti alur pembelajaran. Kedua, modul harus dirancang untuk memungkinkan kemandirian belajar, di mana siswa dapat belajar dengan kecepatan mereka sendiri dan sesuai dengan gaya belajar masing-masing. Ketiga, modul pembelajaran harus bersifat interaktif, yang berarti harus melibatkan

siswa secara aktif melalui berbagai aktivitas, seperti diskusi, kerja kelompok, dan latihan soal. Keempat, modul harus memuat lembar evaluasi siswa. Kelima, modul harus memiliki kesesuaian dengan kurikulum yang berlaku dan relevan dengan kebutuhan siswa. Terakhir, modul harus mudah diakses, baik dalam bentuk fisik maupun digital, agar siswa dapat menggunakan kapan saja dan di mana saja.

Modul pembelajaran memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung pendekatan pembelajaran aktif, di mana siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi juga sebagai pelaku aktif dalam proses belajar (Sunantri et al., 2016). Dengan menggunakan modul yang dirancang dengan baik, siswa dapat terlibat dalam eksplorasi konsep-konsep yang diajarkan, berkolaborasi dengan teman sebaya, dan menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi nyata. Selain itu, modul dapat memfasilitasi pembelajaran berbasis konstruktivisme, di mana siswa dapat berkolaborasi untuk membangun pengetahuannya sendiri (Islami & Armiaty, 2020). Dengan demikian, modul pembelajaran bukan hanya sekadar alat bantu ajar, tetapi juga menjadi sarana yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa.

2.1.2. *Open-ended problem*

Open-ended problem atau masalah terbuka adalah jenis masalah yang tidak memiliki satu solusi tunggal dan memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dalam mencari Solusi (Nurlita, 2015). Dalam konteks pendidikan, *open-ended problem* sangat penting karena memberikan kebebasan kepada siswa untuk menentukan cara mereka sendiri dalam memecahkan masalah, tanpa dibatasi oleh langkah-langkah tertentu atau jawaban yang telah ditentukan sebelumnya (Ermawati & Zuliana, 2020). Ini memungkinkan siswa untuk merumuskan pertanyaan, membuat hipotesis, dan menguji solusi mereka, yang pada gilirannya meningkatkan keterlibatan dan motivasi mereka dalam proses belajar.

Karakteristik utama dari *open-ended problem* adalah adanya kebebasan dalam pendekatan penyelesaian dan hasil yang bervariasi, yang tidak dapat ditemukan

dalam masalah tertutup (*closed problem*) (Bahar & June Maker, 2015). Masalah tertutup biasanya memiliki satu jawaban yang benar dan mengikuti prosedur yang jelas untuk mencapai solusi tersebut. Sebaliknya, *open-ended problem* menawarkan lebih dari satu cara untuk mencapai hasil yang diinginkan, dan hasil yang diperoleh bisa berbeda-beda tergantung pada metode yang digunakan oleh siswa (Ali et al., 2022). Ciri-ciri lain dari masalah terbuka termasuk tingginya tingkat kompleksitas, ketidakpastian dalam langkah-langkah penyelesaian, dan kesempatan untuk menerapkan pengetahuan serta keterampilan dalam konteks yang lebih luas (Ermawati & Zuliana, 2020). Dengan karakteristik ini, *open-ended problem* mendorong siswa untuk berpikir secara analitis dan kreatif, serta mengembangkan kemampuan mereka dalam pemecahan masalah yang relevan dengan dunia nyata (Briliantyas et al., 2018). Salah satu contoh soal *open-ended problem* berdasarkan karakteristik yang telah diuraikan diatas adalah “Buatlah persamaan fungsi kuadrat yang memiliki titik puncak di kuadran II dan kurvanya terbuka kebawah?”.

Open-ended problem memiliki peran yang sangat penting dalam konteks pembelajaran, terutama dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif di kalangan siswa. Dengan menghadapi masalah terbuka, siswa dihadapkan pada tantangan yang memerlukan pemikiran mendalam, analisis, dan sintesis informasi (Turohmah, 2014). Ini tidak hanya membantu mereka memahami materi pelajaran secara lebih mendalam, tetapi juga mendorong mereka untuk mengambil inisiatif dalam belajar. Melalui diskusi dan kolaborasi dengan teman sebaya, siswa belajar untuk mengemukakan ide dan argumen, serta mengevaluasi pendekatan yang berbeda (Palengka et al., 2022). Hal ini juga menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan menarik, di mana siswa merasa lebih terlibat dan berpartisipasi aktif dalam proses belajar (Kurniawan & Khotimah, 2022). Selain itu, *open-ended problem* memungkinkan guru untuk mengevaluasi pemahaman dan kemampuan siswa secara lebih holistik, karena mereka dapat melihat bagaimana siswa merumuskan solusi dan menerapkan pengetahuan dalam situasi yang kompleks.

2.1.3. Modul Pembelajaran Matematika Berbasis *Open-ended problem*

Modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* adalah bahan ajar yang dirancang khusus untuk memberikan siswa pengalaman belajar yang mendalam melalui penyelesaian masalah masalah terbuka yang memungkinkan berbagai pendekatan solusi (Istifadah et al., 2020). Modul pembelajaran matematika ini mengintegrasikan pendekatan pembelajaran aktif, di mana siswa diajak untuk berpikir kreatif dan kritis dalam mencari solusi untuk masalah yang kompleks (Mayi & Zamzam, 2018). Dalam konteks ini, modul tidak hanya menyajikan informasi secara langsung, tetapi juga menciptakan situasi yang menantang siswa untuk menggali pengetahuan mereka, merumuskan pertanyaan, dan mengeksplorasi berbagai alternatif solusi (Siburian & Zetriuslita, 2023). Dengan demikian, modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* berfungsi sebagai alat yang mendorong pengembangan kemampuan berpikir matematis dan keterampilan *problem-solving* siswa, yang sangat relevan dengan tuntutan abad 21.

Tujuan dari penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* adalah untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa, serta membantu mereka mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini sangat penting dalam kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Dengan menggunakan pendekatan ini, siswa tidak hanya belajar untuk menyelesaikan masalah, tetapi juga dilatih untuk memahami proses berpikir yang mendasari penyelesaian tersebut (Istifadah et al., 2020).

Komponen kunci dari modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* meliputi tujuan pembelajaran, materi, aktivitas, penilaian, dan umpan balik yang semuanya dirancang untuk mendukung proses penyelesaian masalah (Sunantri et al., 2016). Pertama, tujuan pembelajaran harus jelas dan spesifik, mengarahkan siswa pada keterampilan dan pengetahuan yang diharapkan dapat mereka capai. Materi yang disajikan dalam modul harus relevan dengan konteks masalah yang dihadapi, sehingga siswa dapat mengaitkan teori dengan praktik. Aktivitas yang dirancang harus mendorong eksplorasi dan diskusi, memberi siswa

kesempatan untuk berkolaborasi dan bertukar ide. Penilaian dilakukan tidak hanya untuk mengukur hasil akhir, tetapi juga untuk menilai proses berpikir dan pendekatan yang digunakan siswa dalam menemukan solusi. Umpan balik yang konstruktif sangat penting untuk membantu siswa memahami kekuatan dan area yang perlu diperbaiki dalam pemecahan masalah mereka.

2.1.4. Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis (*Mathematical Computational Thinking*)

Menurut Wing (2006), berpikir komputasi (*Computational Thinking*) adalah proses pemikiran yang melibatkan cara berpikir seperti ilmuwan komputer dalam memecahkan masalah. Dalam konteks pembelajaran matematika kemampuan berpikir komputasi matematis adalah serangkaian keterampilan dan pemahaman yang memungkinkan individu untuk memecahkan masalah matematis melalui pendekatan komputasi (Jamna et al., 2022). Sedangkan menurut Lestari & Roesdiana (2023) berpikir komputasi adalah proses berpikir dalam menyelesaikan masalah dengan merancang solusi yang disusun dalam langkah-langkah yang sistematis, efektif, dan logis. Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa berpikir komputasi adalah serangkaian keterampilan pemecahan masalah yang melibatkan pendekatan terstruktur, logis, dan sistematis. Dalam dunia yang semakin kompleks, kemampuan ini menjadi sangat penting, karena siswa diharapkan tidak hanya dapat melakukan perhitungan matematis, tetapi juga memahami konsep yang mendasari dan mengaitkannya dengan situasi nyata.

Kemampuan berpikir komputasi matematis dikembangkan oleh para pionir dalam bidang ilmu komputer dan pendidikan. Salah satu tokoh pentingnya adalah Jeanette Wing, yang memperkenalkan istilah "*Computational Thinking*" pada tahun 2006, yang mengacu pada proses pemecahan masalah yang mencakup beberapa disiplin ilmu, termasuk matematika. Selain itu, pendidikan matematika modern banyak dipengaruhi oleh para pendidik seperti Seymour Papert, yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis pengalaman dan eksplorasi dalam mengembangkan kemampuan berpikir komputasi (Putri, 2022). Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak peneliti dan pendidik telah berkontribusi dalam

merancang kurikulum dan pendekatan pembelajaran yang mendukung pengembangan kemampuan ini untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematis.

Indikator kemampuan berpikir komputasi matematis dapat mencakup beberapa aspek kunci, Wing (2006) dalam artikelnya yang berjudul "*Computational Thinking*" mengemukakan bahwa terdapat empat konsep utama dalam berpikir komputasi:

1. Dekomposisi: Memecah masalah kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih mudah dipecahkan. Hal ini memungkinkan untuk fokus pada bagian-bagian spesifik dan mengatasi masalah secara bertahap.
2. Pengenalan Pola: Mencari pola atau kesamaan dalam masalah atau solusi yang ada. Dengan mengenali pola, seseorang dapat memanfaatkan pola tersebut untuk menyelesaikan masalah secara lebih efisien dan dengan langkah-langkah yang lebih terstruktur.
3. Abstraksi: Menghilangkan detail yang tidak relevan dan fokus pada aspek penting dari masalah. Abstraksi membantu menyederhanakan masalah dan memungkinkan seseorang untuk melihat gambaran besar, tanpa terjebak dalam rincian yang tidak perlu.
4. Algoritma: Merancang langkah-langkah atau prosedur yang jelas dan terurut untuk memecahkan masalah. Algoritma memastikan bahwa solusi dapat dicapai dengan cara yang efisien dan dapat diulang.

Mengembangkan kemampuan berpikir komputasi matematis memiliki manfaat yang signifikan, baik dalam konteks pendidikan maupun kehidupan sehari-hari. Menurut Rosanti (2024) menjelaskan bahwa kemampuan ini meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam memecahkan masalah kompleks, karena mereka dilatih untuk berpikir secara sistematis dan analitis. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir komputasi yang baik cenderung lebih siap menghadapi tantangan di dunia kerja, di mana keterampilan analitis dan kemampuan untuk bekerja dengan data sangat diperlukan (Shute et al., 2017). Selain itu, kemampuan ini juga mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, yang penting

untuk pengambilan keputusan yang baik dalam kehidupan sehari-hari (Maharani et al., 2019). Urgensi pengembangan kemampuan berpikir komputasi matematis semakin meningkat seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan masyarakat yang terus berubah, sehingga siswa yang memiliki keterampilan ini lebih mampu beradaptasi dan berkontribusi dalam berbagai bidang, termasuk sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM).

2.2 Definisi Operasional

1. Modul pembelajaran dalam penelitian ini adalah bahan ajar terstruktur yang dirancang untuk membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran. Modul ini mencakup materi, aktivitas, dan penilaian yang dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri atau terarah dalam konteks pembelajaran matematika.
2. *Open-ended problem* dalam penelitian ini adalah masalah yang tidak memiliki satu solusi tunggal dan memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dalam mencari solusi.
3. Modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* adalah bahan ajar terstruktur yang dirancang untuk melatih kemampuan matematis siswa melalui penyelesaian masalah terbuka yang memungkinkan berbagai pendekatan solusi.
4. Kemampuan berpikir komputasi matematis (*Computational Thinking*) dalam penelitian ini adalah keterampilan yang melibatkan penggunaan konsep dan prinsip komputasi untuk memecahkan masalah matematis. Ini mencakup dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma terhadap proses penyelesaian masalah.

2.3 Kerangka Pikir

Kemampuan berpikir komputasi merupakan keterampilan penting abad ke-21 yang membantu siswa dalam menyelesaikan masalah kompleks dengan cara berpikir logis dan sistematis. Namun, pembelajaran matematika di kelas umumnya lebih fokus pada soal tertutup yang memiliki satu jawaban, sehingga kurang mendukung

pengembangan keterampilan berpikir komputasi matematis. Untuk itu, diperlukan modul berbasis *open-ended problem* yang memungkinkan siswa berlatih memecahkan masalah dari berbagai sudut pandang dan melatih kemampuan berpikir komputasi siswa.

Pada pembelajaran matematika, siswa sering dihadapkan dengan soal yang memiliki jawaban dan Langkah-langkah yang pasti, sehingga kurang terbiasa berpikir secara fleksibel dalam mencari berbagai solusi dari berbagai perspektif untuk menemukan solusi paling efektif. Oleh karena itu, perlu dikembangkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dalam menyelesaikan masalah, sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis.

Modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dirancang sebagai variabel independen, yang diharapkan memiliki dampak positif pada kemampuan berpikir komputasi matematis siswa sebagai variabel dependen. Modul ini memberi ruang kepada siswa untuk menghadapi berbagai jenis masalah tanpa satu jawaban tunggal, sehingga mereka dapat menggunakan berbagai strategi untuk mengeksplorasi solusi. Dengan demikian, siswa dilatih untuk berpikir logis, analitis, dan sistematis unsur-unsur utama dalam kemampuan berpikir komputasi.

Hubungan antara modul *open-ended* dan kemampuan berpikir komputasi ini didasarkan pada pembelajaran yang memberi siswa kebebasan dan tantangan berpikir merangsang mereka untuk menemukan pola, memecah masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, dan mengidentifikasi solusi melalui proses eksperimen dan penalaran kritis. Modul ini diharapkan dapat memperkuat aspek utama dalam berpikir komputasi: abstraksi, dekomposisi, pengenalan pola, dan pengembangan algoritma pemecahan masalah.

Penelitian ini dimulai dengan *studi pendahuluan* berupa observasi dan wawancara untuk memahami kebutuhan dan tantangan dalam pembelajaran matematika di kelas X. Hasil studi pendahuluan digunakan dalam *perencanaan*, yang mencakup perumusan tujuan dan perancangan modul berbasis *open-ended problem*. Selanjutnya, dilakukan *pengembangan desain produk awal*, termasuk validasi oleh ahli materi dan media. Setelah itu, modul diuji coba dalam kelompok kecil melalui

uji coba lapangan awal untuk mendapatkan umpan balik. Berdasarkan hasil ini, dilakukan *revisi produk* yang divalidasi ulang sebelum *uji pelaksanaan lapangan* yang mencakup *pretest*, perlakuan, dan *posttest* untuk mengevaluasi efektivitas modul tersebut dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa.

Diharapkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dapat meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Melalui penggunaan modul ini, siswa diharapkan mampu berpikir lebih terbuka dan fleksibel dalam menyelesaikan masalah matematika, serta mengembangkan kemampuan untuk berpikir secara logis dan sistematis.

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah: Pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis layak, yaitu memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

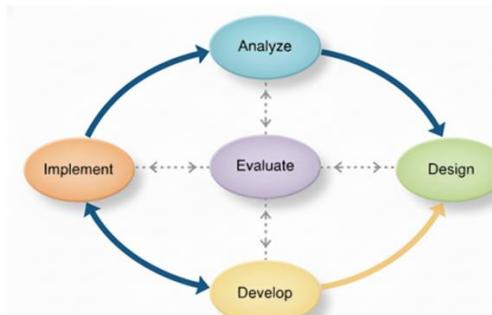
III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori Penelitian dan Pengembangan (R&D), yang bertujuan untuk mengembangkan produk dan menguji efektivitasnya (Khoiri, 2018). Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis (*Computational Thinking*).

3.2. Prosedur Penelitian

Model pengembangan modul pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDI-E. Model ini dipilih karena merupakan salah satu metode yang paling efektif dalam merancang dan mengembangkan produk pendidikan seperti modul (Branch, 2009). Proses dalam model ADDI-E berfungsi sebagai pedoman kerja untuk situasi yang kompleks, sehingga sangat sesuai untuk pengembangan produk pendidikan dan sumber belajar lainnya. Model ADDI-E terdiri dari lima langkah: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi.



Gambar 3. 1 Konsep ADDI-E

Prosedur pengembangan modul dengan ADDI-E dilakukan sebagai berikut:

A. *Analize – Evaluation*

Tahap analisis bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai aspek yang menjadi dasar dalam pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dengan materi fungsi kuadrat. Analisis ini mencakup perangkat pembelajaran, kurikulum, dan karakteristik siswa guna merancang modul yang valid, praktis, dan efektif serta menghadirkan solusi yang tepat dalam pembelajaran.

1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang harus dipenuhi agar modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* memiliki karakteristik valid, praktis, dan efektif. Wawancara dilakukan dengan guru matematika di MAN 1 Mesuji, Ibu Adely Hanalia, S.Pd., pada tanggal 4 November 2024, serta dengan beberapa siswa kelas X diketahui bahwa sebagian besar siswa terbiasa dengan pembelajaran yang berpusat pada guru, berupa penjelasan konsep di papan tulis dan latihan soal rutin dari buku paket atau LKS. Pengalaman belajar yang bersifat prosedural tersebut menyebabkan siswa cenderung pasif, kurang terbiasa menghadapi soal non-rutin, dan belum terlatih menjelaskan alasan dari jawaban yang mereka peroleh. Meskipun demikian, siswa menunjukkan antusiasme tinggi terhadap kegiatan belajar yang menantang dan kontekstual, serta senang berdiskusi dalam kelompok kecil. Berdasarkan kondisi tersebut, modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, dengan menekankan aktivitas eksploratif, diskusi kolaboratif, dan refleksi atas berbagai strategi penyelesaian masalah. Dengan demikian, modul ini diharapkan mampu menyesuaikan diri dengan karakteristik belajar siswa sekaligus menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif mereka.

Selain itu, guru menyampaikan bahwa keterbatasan variasi media dan kurangnya petunjuk pembelajaran yang terstruktur sering membuat siswa pasif. Kondisi ini menegaskan pentingnya aspek kepraktisan modul, yaitu modul harus mudah digunakan oleh guru dan siswa, disertai petunjuk yang jelas, serta memiliki alur

kegiatan pembelajaran yang sistematis dan terarah. Sejalan dengan hal tersebut, hasil wawancara dengan siswa mengungkapkan bahwa mereka kesulitan menghadapi soal yang berbeda dari contoh guru, terutama dalam konteks nyata. Siswa cenderung menghafal langkah penyelesaian daripada memahami konsep. Oleh karena itu, dibutuhkan modul yang dapat menuntun siswa berpikir mandiri, mencoba berbagai strategi penyelesaian, dan merefleksikan hasilnya karakteristik utama dari pembelajaran berbasis *open-ended problem*.

Dari temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai modul yang valid, perlu dikembangkan materi yang akurat, kontekstual, dan sesuai capaian pembelajaran. Untuk mencapai modul yang praktis, desain modul harus memudahkan pengguna dengan struktur kegiatan yang runtut, bahasa yang komunikatif, serta tampilan yang menarik. Sedangkan agar modul efektif, kegiatan di dalamnya perlu memberi ruang eksplorasi strategi, peningkatan kemampuan berpikir komputasi matematis, dan pencapaian hasil belajar yang terukur. Analisis kebutuhan ini menjadi dasar konseptual dalam perancangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* di materi fungsi kuadrat, yang bertujuan mendukung pembelajaran aktif, kreatif, dan bermakna bagi siswa.

Evaluasi pada tahap analisis dilakukan oleh peneliti untuk memastikan bahwa hasil pengumpulan data kebutuhan benar-benar akurat, relevan, dan sesuai dengan tujuan pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* pada materi fungsi kuadrat. Proses evaluasi dilakukan dengan cara menelaah kembali hasil wawancara dengan guru dan siswa, mencermati kesesuaian antara temuan lapangan dengan tuntutan kurikulum, serta meninjau kelengkapan aspek yang diperlukan untuk pengembangan modul. Berdasarkan hasil refleksi dan penelaahan tersebut, peneliti menemukan beberapa hal yang perlu diperbaiki, seperti penambahan deskripsi kemampuan awal siswa, penegasan karakteristik masalah yang sering dihadapi dalam pembelajaran, serta penyelarasan arah pengembangan modul dengan capaian pembelajaran pada Kurikulum Merdeka. Setelah dilakukan revisi terhadap hasil analisis kebutuhan, diperoleh rancangan dasar yang lebih sistematis dan fokus, mencakup gambaran kondisi awal pembelajaran, kesenjangan yang terjadi, serta kebutuhan terhadap media pembelajaran yang bersifat kontekstual dan eksploratif. Dengan demikian, hasil

evaluasi pada tahap analisis menunjukkan bahwa dasar konseptual pengembangan modul telah valid dan komprehensif untuk digunakan pada tahap desain berikutnya. Hasil wawancara dengan guru dan siswa dapat dilihat pada Lampiran C.1 Hal. 133 dan Lampiran C.2 Hal. 134.

2. Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum dilakukan untuk memastikan bahwa modul yang dikembangkan selaras dengan Capaian Pembelajaran (CP) Kurikulum Merdeka pada elemen *Aljabar dan Fungsi*, khususnya materi fungsi kuadrat. Berdasarkan CP fase E, siswa diharapkan mampu menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan persamaan dan fungsi kuadrat, serta dapat menginterpretasi karakteristik utama grafik fungsi kuadrat, memodelkan fenomena atau data dengan fungsi kuadrat, dan menyelesaikan masalah kontekstual yang melibatkan fungsi kuadrat.

Modul yang dikembangkan disusun agar seluruh aktivitas pembelajaran mendukung ketercapaian CP tersebut secara sistematis, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga penerapan dalam konteks nyata. Setiap bagian modul, mulai dari pengenalan konsep, eksplorasi grafik, hingga pemodelan masalah, dirancang dengan pendekatan *open-ended problem* yang memberikan ruang bagi siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan reflektif sesuai dengan karakter Profil Pelajar Pancasila.

Selain selaras dengan Kurikulum Merdeka, modul ini juga mengintegrasikan indikator kemampuan berpikir komputasi matematis, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma. Keempat indikator tersebut dihadirkan secara terpadu melalui aktivitas eksplorasi, analisis grafik, dan pemecahan masalah terbuka. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada proses berpikir sistematis yang melatih siswa memecahkan masalah, mengenali keteraturan, membentuk representasi matematis, serta merancang langkah penyelesaian yang logis. Melalui rancangan tersebut, modul fungsi kuadrat tidak hanya memenuhi tuntutan capaian kurikulum, tetapi juga berfungsi sebagai sarana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir komputasi dan berpikir tingkat tinggi siswa, sesuai dengan arah penguatan kompetensi dalam Kurikulum Merdeka.

3. Analisis Karakteristik Siswa

Pada tahap ini, analisis karakteristik siswa dilakukan untuk memahami berbagai aspek kognitif dan afektif yang dapat mempengaruhi proses pembelajaran. Secara kognitif, siswa berada pada tahap operasional formal menurut teori Piaget, yang berarti mereka mulai mampu berpikir abstrak dan logis, tetapi masih memerlukan bantuan representasi konkret untuk memahami konsep baru. Secara afektif, sebagian siswa menunjukkan rasa ragu dan takut salah ketika mengerjakan soal matematika, serta belum terbiasa mengemukakan alasan matematis atas jawaban mereka. Dari sisi sosial, siswa memiliki kemampuan bekerja sama yang cukup baik, senang berdiskusi, dan lebih termotivasi ketika belajar melalui konteks yang dekat dengan kehidupan mereka.

Data tersebut diperoleh melalui pengkajian teori perkembangan kognitif dan motivasi belajar, wawancara dengan pendidik, serta diskusi dan observasi langsung terhadap siswa selama pembelajaran. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa kemampuan dasar sebagian siswa masih terbatas terutama dalam menghubungkan konsep, menyusun langkah penyelesaian, dan memahami soal non-rutin.

Berdasarkan karakteristik tersebut, desain modul pembelajaran berbasis *open-ended problem* disesuaikan agar mampu mengakomodasi kebutuhan dan potensi siswa secara menyeluruh. Dari sisi kognitif, modul menyertakan kegiatan eksplorasi bertahap dan *scaffolding* berupa petunjuk langkah awal, ilustrasi visual, serta representasi grafik agar siswa lebih mudah memecah dan memahami konsep abstrak fungsi kuadrat. Dari sisi afektif, modul menyajikan soal terbuka di setiap pertemuan untuk membiasakan siswa berpikir fleksibel, menumbuhkan keberanian berpendapat, dan mengurangi rasa takut salah melalui kegiatan yang menekankan proses, bukan hanya hasil. Sedangkan dari sisi sosial, modul memperkuat aktivitas kolaboratif melalui diskusi kelompok dalam menyelesaikan masalah terbuka, sehingga siswa dapat saling melengkapi pemahaman dan meningkatkan kepercayaan diri saat menyampaikan ide matematis.

Selain itu, fenomena kontekstual yang diangkat dalam modul, seperti lintasan benda, bentuk parabola pada objek nyata, dan perhitungan sederhana dalam aktivitas sehari-hari, dirancang untuk membantu siswa mengaitkan konsep dengan

pengalaman konkret, sesuai karakteristik kognitif mereka yang masih membutuhkan penghubung antara dunia nyata dan representasi simbolik. Dengan demikian, modul pembelajaran ini tidak hanya menyesuaikan diri dengan kondisi dan kebutuhan siswa, tetapi juga secara strategis diarahkan untuk menumbuhkan kemandirian, kreativitas, keberanian, dan kemampuan berpikir sistematis dalam pembelajaran matematika.

Evaluasi pada tahap analisis dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengumpulan data kebutuhan benar-benar akurat, relevan, dan sesuai dengan tujuan pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* pada materi fungsi kuadrat. Proses evaluasi dilakukan dengan cara menelaah kembali hasil wawancara dengan guru dan siswa, mencermati kesesuaian antara temuan lapangan dengan tuntutan kurikulum, serta meninjau kelengkapan aspek yang diperlukan untuk pengembangan modul. Berdasarkan hasil refleksi dan penelaahan tersebut, peneliti menemukan beberapa hal yang perlu diperbaiki, seperti penambahan deskripsi kemampuan awal siswa, penegasan karakteristik masalah yang sering dihadapi dalam pembelajaran, serta penyelarasan arah pengembangan modul dengan capaian pembelajaran pada Kurikulum Merdeka. Setelah dilakukan revisi terhadap hasil analisis kebutuhan, diperoleh rancangan dasar yang lebih sistematis dan fokus, mencakup gambaran kondisi awal pembelajaran, kesenjangan yang terjadi, serta kebutuhan terhadap media pembelajaran yang bersifat kontekstual dan eksploratif. Dengan demikian, hasil evaluasi pada tahap analisis menunjukkan bahwa dasar konseptual pengembangan modul telah valid dan komprehensif untuk digunakan pada tahap desain berikutnya.

B. Design – Evaluation

Tahap desain merupakan proses perencanaan konseptual sebelum modul dikembangkan secara nyata. Tujuan tahap ini adalah menyusun rancangan awal struktur, format, isi, dan strategi pembelajaran modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* agar sesuai dengan hasil analisis kebutuhan, karakteristik siswa, dan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka. Pada tahap ini, dirumuskan pula komponen-komponen utama yang akan membentuk modul,

seperti tata letak, urutan kegiatan belajar, serta jenis aktivitas yang menstimulasi berpikir komputasi. Desain yang dihasilkan menjadi pedoman utama dalam tahap pengembangan agar modul yang dibuat bersifat terarah, konsisten, dan mudah diimplementasikan di kelas.

Langkah-langkah strategis yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

1. Perancangan Struktur dan Format Modul

Peneliti merancang rancangan awal bentuk dan tata letak (layout) modul secara konseptual. Struktur modul disusun agar sistematis dan mudah digunakan guru maupun siswa, mencakup:

Bagian pendahuluan: identitas modul, tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan, dan apersepsi kontekstual.

Bagian kegiatan belajar: berisi uraian materi, kegiatan eksploratif berbasis masalah terbuka, dan latihan bertingkat.

Bagian refleksi dan evaluasi: menyediakan ruang bagi siswa untuk menilai pemahaman dan strategi berpikir yang digunakan.

Desain visual direncanakan sederhana, komunikatif, dan interaktif, dengan prinsip keterbacaan tinggi. Unsur-unsur seperti warna, ikon, ilustrasi, dan QR Code hanya dirancang secara konseptual pada tahap ini pelaksanaannya baru dilakukan pada tahap selanjutnya.

2. Perancangan Isi dan Keterpaduan Kompetensi

Tahap ini menetapkan kompetensi dan subkompetensi yang dikembangkan berdasarkan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka pada materi fungsi kuadrat. Modul dirancang agar setiap bagian mendukung penguatan kemampuan berpikir komputasi matematis, meliputi dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan algoritma. Kegiatan awal modul dirancang agar siswa menguraikan bentuk umum fungsi kuadrat (dekomposisi), sedangkan kegiatan kontekstual mendorong siswa mengubah situasi nyata menjadi model matematis (abstraksi) dan menyusun langkah penyelesaian sistematis (algoritma).

3. Integrasi Pendekatan Open-Ended Problem

Masalah-masalah terbuka dirancang untuk muncul secara bertahap di setiap kegiatan belajar. Tujuannya agar siswa terbiasa mengeksplorasi berbagai strategi penyelesaian dan mengembangkan fleksibilitas berpikir. Setiap soal direncanakan memiliki konteks yang dekat dengan kehidupan siswa (seperti lintasan benda atau optimasi bentuk parabola), sekaligus memberikan ruang bagi guru untuk memfasilitasi diskusi kelas.

4. *Evaluation*

Evaluasi pada tahap desain dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan awal modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* telah sesuai dengan hasil analisis kebutuhan, karakteristik siswa, dan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka. Evaluasi dilakukan secara internal oleh peneliti melalui proses penelaahan dan refleksi terhadap kesesuaian struktur, format, isi, serta strategi pembelajaran yang telah dirancang. Peneliti meninjau kembali hubungan antara setiap komponen modul, mulai dari bagian pendahuluan, kegiatan belajar, hingga refleksi dan evaluasi, agar membentuk alur pembelajaran yang logis, sistematis, dan mudah diikuti oleh guru maupun siswa. Dalam proses ini, peneliti menemukan beberapa aspek yang perlu disempurnakan, seperti penyesuaian redaksi tujuan pembelajaran agar lebih operasional, penyederhanaan petunjuk penggunaan modul, serta penambahan aktivitas eksploratif yang menuntun siswa menemukan konsep fungsi kuadrat melalui konteks nyata.

C. Develop – Evaluation

Pada tahap ini, peneliti mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*, dengan memperhatikan hasil analisis dan desain yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan modul yang valid dan siap untuk implementasi lebih lanjut. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

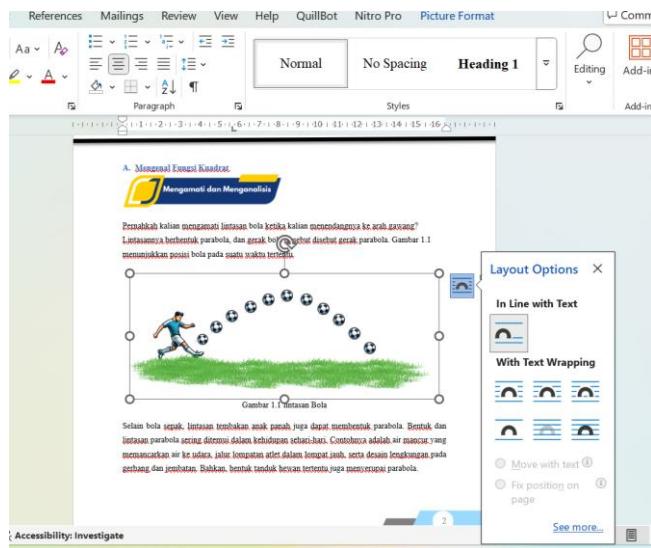
1. Pengembangan Draft Modul

Tahap pengembangan merupakan proses realisasi hasil desain menjadi produk awal berupa modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*. Kegiatan ini berfokus pada pembuatan modul secara nyata sesuai rancangan yang telah disusun sebelumnya. Langkah awal pengembangan dilakukan dengan membuat cover modul sesuai rancangan yang telah ditetapkan pada tahap desain. Proses pembuatan cover menekankan tampilan yang sederhana, informatif, dan representatif terhadap materi fungsi kuadrat. Pada cover dimuat judul, identitas penulis, serta ilustrasi visual yang relevan dengan konteks pembelajaran.



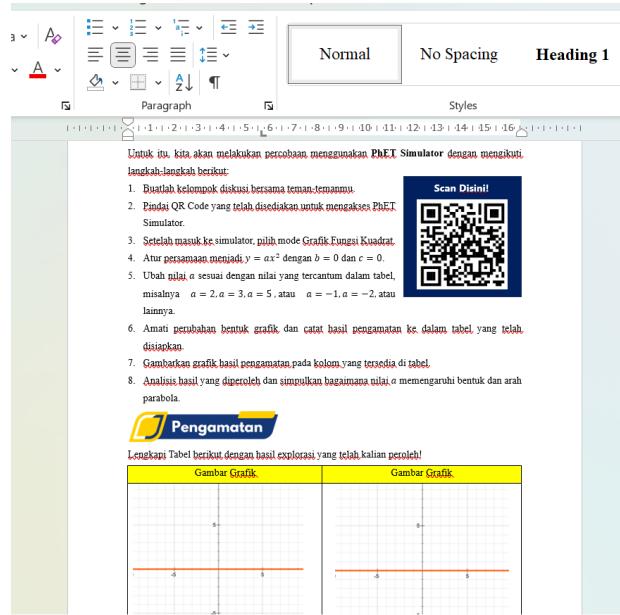
Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Cover Modul

Selanjutnya, dilakukan proses penambahan ikon dan ilustrasi pendukung pada setiap bagian modul. Ikon digunakan untuk menandai bagian-bagian penting seperti “Open-Ended Problem”, “Menanya”, “Mari Berlatih”, dan “Refleksi”. Ilustrasi visual yang ringan dan kontekstual ditambahkan untuk memperjelas isi materi sekaligus menambah daya tarik bagi siswa.



Gambar 3. 3 Penambahan Ikon dan Ilustrasi Pendukung

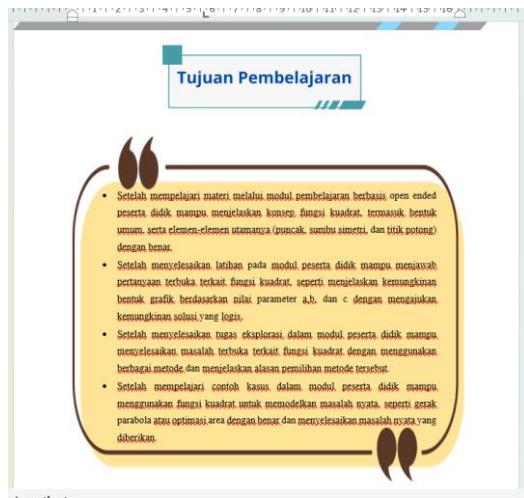
Untuk memperkaya pengalaman belajar, modul juga dikembangkan dengan elemen interaktif, salah satunya berupa *QR Code* yang menghubungkan siswa ke simulasi PhET Colorado. Elemen ini memudahkan siswa mengeksplorasi konsep fungsi kuadrat secara mandiri melalui eksperimen virtual yang menyenangkan dan bermakna.



Gambar 3. 4 Penambahan Elemen Simulasi Interaktif

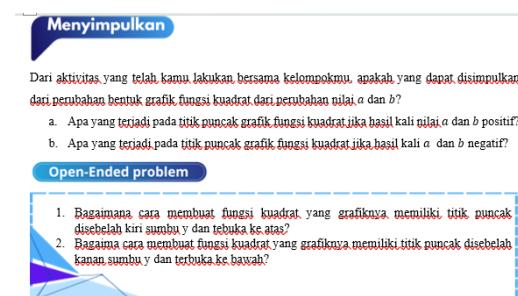
Pada bagian isi modul, materi disusun sesuai Kurikulum Merdeka, mencakup pemahaman konsep fungsi kuadrat, penyelesaian persamaan kuadrat, representasi grafik, dan penerapannya dalam konteks kehidupan sehari-hari. Kompetensi dan

tujuan pembelajaran ditulis secara eksplisit agar siswa memahami arah dan sasaran kegiatan belajar yang dilakukan.



Gambar 3. 5 Tujuan Pembelajaran

Integrasi *open-ended problem* menjadi ciri utama dalam pengembangan modul ini. Setiap subbagian pembelajaran memuat masalah terbuka dengan berbagai kemungkinan penyelesaian, dirancang untuk menstimulasi kemampuan berpikir kreatif, logis, dan komputasional siswa. Masalah-masalah tersebut juga dikaitkan dengan situasi kehidupan nyata agar siswa dapat melihat relevansi matematika dalam keseharian mereka.



Gambar 3. 6 Integrasi *Open-ended problem*

Secara keseluruhan, tampilan modul dikembangkan dengan memperhatikan prinsip keterbacaan, kerapian tata letak, dan keseimbangan visual. Petunjuk kegiatan siswa ditulis sistematis dan komunikatif agar mudah diikuti, dilengkapi ruang bagi siswa untuk menuliskan ide, langkah penyelesaian, dan refleksi. Dengan demikian, *draft* modul yang dihasilkan pada tahap ini merupakan wujud konkret dari hasil

perencanaan desain yang siap melalui proses validasi ahli sebelum dilakukan revisi dan uji coba lapangan.

2. Validasi oleh Validator

Setelah draft modul selesai, dilakukan validasi oleh tiga orang ahli yang masing-masing menilai validitas dari materi dan media. Pemilihan tiga validator dilakukan untuk memastikan objektivitas dan kualitas penilaian modul. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul memenuhi standar yang diperlukan. Proses validasi meliputi:

- a. Validasi oleh ahli materi untuk menilai kesesuaian materi dengan kurikulum dan relevansi dalam pengembangan kemampuan berpikir komputasi matematis.
- b. Validasi oleh ahli media untuk memastikan bahwa modul pembelajaran yang dikembangkan memiliki kualitas tampilan, struktur, dan penyajian yang optimal.

Proses validasi modul pembelajaran dilaksanakan dalam rentang waktu 22 Mei hingga 19 Juni 2025 oleh tiga orang ahli, yaitu Dr. Chika Rahayu, M.Pd., Nurain Suryadinata, M.Pd., dan Dra. Rini Asnawati, M.Pd.. Ketiganya merupakan dosen Pendidikan Matematika yang memiliki kompetensi akademik di bidang matematika, sehingga ditetapkan sebagai validator aspek materi. Selain itu, para validator juga memiliki pengalaman dalam pengembangan media pembelajaran melalui keterlibatan mereka dalam kegiatan penelitian, pengabdian, maupun pengembangan perangkat pembelajaran. Oleh karena itu, mereka juga bertindak sebagai validator pada aspek kelayakan media. Masukan dan saran yang diberikan digunakan sebagai acuan untuk melakukan evaluasi serta penyempurnaan modul sebelum dinyatakan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Hasil penilaian dari para validator kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat kevalidan modul pembelajaran.

3. *Evaluation*

Pada tahap ini, peneliti terlebih dahulu menelaah kembali kesesuaian antara produk nyata yang dikembangkan dengan rancangan desain yang telah dibuat sebelumnya.

Peninjauan dilakukan terhadap aspek struktur modul, urutan kegiatan belajar, dan keterpaduan antara bagian pendahuluan, kegiatan inti, serta refleksi. Hasil refleksi awal menunjukkan bahwa beberapa bagian modul perlu disesuaikan untuk meningkatkan keterbacaan dan konsistensi tampilan, seperti penyelarasan ikon antarbagian, penyederhanaan bahasa petunjuk, serta perbaikan ilustrasi agar lebih kontekstual dan tidak menimbulkan multitafsir. Perbaikan juga dilakukan pada bagian *Open-Ended Problem*, terutama dalam memperjelas stimulus pertanyaan agar menuntun siswa mengeksplorasi berbagai strategi penyelesaian tanpa kehilangan arah terhadap tujuan pembelajaran.

Setelah draft modul dinyatakan siap, proses evaluasi dilanjutkan melalui validasi oleh tiga orang ahli, yaitu Dr. Chika Rahayu, M.Pd., Nurain Suryadinata, M.Pd., dan Dra. Rini Asnawati, M.Pd., yang memiliki latar belakang keahlian dalam bidang pendidikan matematika. Para ahli menilai modul dari dua aspek utama, yaitu aspek materi dan aspek media. Secara umum, para ahli menyatakan bahwa modul sudah layak digunakan dalam pembelajaran, namun tetap memberikan beberapa saran perbaikan. Masukan yang diberikan meliputi penyempurnaan ilustrasi pada bagian kegiatan belajar agar lebih konsisten dengan konteks masalah, perbaikan redaksi pada beberapa petunjuk aktivitas siswa agar lebih komunikatif, serta penyesuaian ukuran dan posisi ikon agar seragam di seluruh halaman modul. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, peneliti melakukan revisi terhadap modul dengan menyesuaikan tampilan visual, memperjelas redaksi instruksi, dan menambahkan catatan kecil yang membantu guru dalam memfasilitasi kegiatan diskusi siswa. Tahap ini menghasilkan modul yang sudah valid dan siap digunakan pada tahap implementasi yang lebih lanjut, setelah memenuhi kualitas dan standar yang diperlukan.

D. *Implement – Evaluation*

Pada tahap ini, modul yang telah dikembangkan dan dinyatakan valid diuji coba dalam dua tahap: uji coba skala kecil dilakukan untuk mengetahui kepraktisan modul dan uji lapangan dilakukan untuk mengetahui efektivitas modul pembelajaran. Tahap implementasi ini bertujuan untuk mengetahui kepraktisan dan

efektivitas modul dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

a. Uji Coba Skala Kecil

Uji coba skala kecil dilakukan pada kelompok terbatas pada 12 siswa untuk mengukur kepraktisan modul. Uji coba skala kecil dilakukan mulai tanggal 16 Juli sampai 29 Juli 2025 dalam 3 pertemuan. Setelah uji coba selesai, skor angket kepraktisan dikumpulkan dari guru dan siswa melalui kuesioner, untuk menilai sejauh mana modul pembelajaran dapat digunakan dengan mudah dan efektif. Berdasarkan data yang diperoleh disimpulkan bahwa modul telah memenuhi kategori praktis, lalu dilakukan evaluasi meliputi analisis tingkat kepuasan siswa dan guru, serta identifikasi tantangan atau masalah yang muncul selama pelaksanaan pembelajaran.

b. Uji Lapangan

Setelah perbaikan dan diperoleh modul pembelajaran yang valid dan praktis, modul diuji efektivitasnya dengan melibatkan kelas eksperimen yang menggunakan modul berbasis *open-ended problem* dan kelas kontrol yang tidak menggunakan modul tersebut. Uji lapangan ini bertujuan untuk mengukur efektivitas modul dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Efektivitas yang ingin diperoleh adalah peningkatan signifikan dalam kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, yang diukur melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data meliputi soal-soal *pretest* dan *posttest* yang dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir komputasi matematis. Desain penelitian yang digunakan adalah *Control Group Pretest-Posttest Design*, di mana kedua kelompok diberi *pretest* sebelum pembelajaran dan *posttest* setelah pembelajaran.

	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₁	-	O ₂

Gambar 3. 7. Proses Uji Lapangan

X: Pembelajaran dengan menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problems*

O₁: Tes kemampuan berpikir komputasi matematis siswa sebelum pembelajaran

O₂: Tes kemampuan berpikir komputasi matematis siswa setelah pembelajaran Uji lapangan dilakukan dari 4 Agustus 2025 sampai 9 September 2025 dalam 5 pertemuan pembelajaran dan 2 pertemuan untuk *pretest* dan *posttest*. Data yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* dianalisis untuk mengidentifikasi perbedaan peningkatan kemampuan berpikir komputasi antara kedua kelompok. Setelah uji lapangan, hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis untuk menilai efektivitas modul.

c. *Evaluation*

Kekurangan yang berhasil diperbaiki selama tahap implementasi antara lain: (1) beberapa kalimat soal yang semula terlalu panjang dan kurang jelas telah disederhanakan agar lebih mudah dipahami siswa; (2) urutan langkah pada bagian *Menanya* dan *Refleksi* disesuaikan kembali agar mengalir secara logis sesuai cara berpikir siswa; dan (3) waktu pelaksanaan setiap kegiatan diatur ulang agar dapat diselesaikan secara efektif dalam satu pertemuan pembelajaran. Perbaikan-perbaikan tersebut dilakukan setelah uji coba awal dan langsung diterapkan pada sesi pembelajaran berikutnya, sehingga modul menjadi lebih efisien dan mudah digunakan. Hasil evaluasi dari uji lapangan diidentifikasi sebagai keterbatasan penelitian dan saran dari aspek modul yang masih perlu diperbaiki atau dikembangkan lebih lanjut.

3.3. Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di MAN 1 Mesuji pada semester ganjil tahun pelajaran 2025/2026. Subjek dalam penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut.

a. Subjek studi pendahuluan

Subjek pada tahap studi pendahuluan ditentukan dengan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu. Pertimbangan difokuskan pada karakteristik siswa yang relevan dengan permasalahan penelitian, khususnya yang berkaitan dengan kemampuan berpikir komputasi matematis. Studi pendahuluan dilakukan melalui wawancara dengan Ibu Adely Hanalia, S.Pd., selaku guru matematika kelas X

di MAN 1 Mesuji, serta wawancara dengan beberapa siswa kelas X. Selain itu, peneliti memberikan tes diagnostik berupa satu soal berpikir komputasi matematis untuk memperoleh data langsung mengenai kemampuan siswa. Hasil studi awal menunjukkan bahwa kemampuan berpikir komputasi matematis siswa masih tergolong rendah, sehingga menjadi dasar dalam penentuan subjek penelitian dan kebutuhan untuk mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*.

b. Subjek validasi pengembangan modul pembelajaran

Proses validasi modul pembelajaran dilakukan oleh tiga orang ahli, yaitu Dr. Chika Rahayu, M.Pd., Nurain Suryadinata, M.Pd., dan Dra. Rini Asnawati, M.Pd.. Para ahli tersebut merupakan validator yang kompeten dalam bidang Pendidikan Matematika, baik pada aspek materi maupun media pembelajaran. Validasi ini bertujuan untuk mengukur tingkat kelayakan dan kesesuaian modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang dikembangkan terhadap kedua aspek tersebut.

c. Subjek uji coba skala kecil

Pada tahap ini, Subjek uji coba awal dipilih menggunakan prosedur purposive sampling sebanyak 12 siswa kelas X. Pemilihan 12 siswa dalam uji coba dilakukan karena pembelajaran diterapkan dalam kelompok. Siswa dibagi menjadi 3 kelompok, di mana setiap kelompok terdiri dari 4 orang dengan komposisi 1 siswa berkemampuan rendah, 2 siswa berkemampuan sedang, dan 1 siswa berkemampuan tinggi. Pemilihan siswa dengan kemampuan beragam dimaksudkan agar peneliti dapat melihat kepraktisan penggunaan modul pada seluruh level kemampuan siswa. Uji coba skala kecil ini bertujuan agar peneliti dapat mengetahui kepraktisan modul dan mengidentifikasi kekurangan atau masalah dalam modul yang mungkin tidak terlihat sebelumnya.

d. Subjek uji coba lapangan

Pada tahap uji coba kelas eksperimen, pemilihan sampel dilakukan menggunakan cluster random sampling, di mana dua kelas dipilih secara acak

sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol yang memiliki kemampuan awal yang relatif sama. Dalam penelitian ini, kelas X.1 terpilih sebagai kelas eksperimen yang menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended*, sedangkan kelas X.2 sebagai kelas kontrol. Hal ini bertujuan untuk menguji efektivitas produk dalam implementasi pembelajaran.

3.4. Teknik Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wawancara

Data yang diperoleh adalah informasi awal tentang kendala dan kebutuhan dalam pembelajaran matematika, khususnya terkait materi fungsi kuadrat dan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Selain itu, wawancara juga mengungkap proses pembelajaran yang biasa dilakukan oleh guru serta tanggapan siswa terhadap metode pengajaran yang diterapkan. Wawancara dilakukan secara langsung dengan guru matematika dan siswa untuk menggali informasi tentang tantangan dalam pembelajaran serta harapan mereka terhadap penggunaan modul berbasis *open-ended problem*. Instrumen wawancara berisi pertanyaan terbuka yang dirancang untuk mengumpulkan data kualitatif mengenai pengalaman dan perspektif guru serta siswa dalam pembelajaran.

Hasil wawancara dengan guru matematika di MAN 1 Mesuji, yaitu Ibu Adely Hanalia, S.Pd., pada tanggal 4 November 2024. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa pembelajaran matematika di sekolah masih didominasi oleh metode konvensional berupa ceramah dan latihan soal di papan tulis. Guru menyampaikan bahwa media pembelajaran yang digunakan terbatas pada buku paket, LKS, dan catatan di papan tulis, sementara pemanfaatan media digital maupun sumber belajar interaktif belum optimal. Strategi yang diterapkan juga lebih banyak menekankan pada pemberian contoh soal dan latihan rutin, sehingga siswa kurang diberi ruang untuk berinisiatif dalam menemukan cara penyelesaian yang berbeda.

Selain itu, wawancara dengan beberapa siswa kelas X menunjukkan bahwa mereka masih mengalami kesulitan ketika menghadapi soal yang sedikit berbeda dari contoh yang diberikan guru. Siswa lebih mudah menyelesaikan soal rutin yang mirip dengan latihan di kelas, tetapi cenderung bingung ketika soal berbentuk masalah kontekstual atau menuntut penerapan konsep pada situasi nyata. Hal ini mengakibatkan sebagian siswa hanya menghafal langkah-langkah penyelesaian tanpa memahami konsep secara mendalam. Beberapa siswa juga menyampaikan bahwa mereka lebih termotivasi ketika belajar dengan cara yang bervariasi, misalnya melalui diskusi kelompok atau penggunaan media pembelajaran yang lebih menarik seperti video atau aplikasi.

2. Observasi

Observasi dilakukan untuk mendapatkan data mengenai karakteristik siswa serta proses pembelajaran yang berlangsung di kelas. Data ini mencakup keaktifan siswa, pola interaksi dalam pembelajaran, serta metode yang digunakan oleh guru dalam mengajarkan materi fungsi kuadrat. Observasi dilakukan secara langsung di kelas selama proses pembelajaran berlangsung. Peneliti mencatat perilaku siswa, interaksi antara siswa dan guru, serta efektivitas strategi pembelajaran yang digunakan. Lembar observasi yang berisi indikator-indikator aktivitas siswa dan kondisi pembelajaran, seperti partisipasi dalam diskusi, keterlibatan dalam menyelesaikan soal, serta respons terhadap pembelajaran yang diberikan oleh guru.

Berdasarkan hasil observasi, pembelajaran matematika di MAN 1 Mesuji umumnya masih berlangsung dengan pendekatan yang cukup konvensional. Guru menggunakan metode ceramah untuk menjelaskan konsep, dilanjutkan dengan pemberian contoh soal, kemudian siswa diminta mengerjakan latihan yang serupa. Buku paket masih menjadi sumber belajar utama, meskipun sesekali guru menambahkan dari sumber lain. Strategi motivasi diberikan melalui pujian maupun penekanan pada pentingnya penguasaan materi untuk keberhasilan akademik siswa. Respons siswa selama pembelajaran menunjukkan bahwa sebagian besar mampu mengikuti penjelasan guru dan menyelesaikan latihan, namun partisipasi aktif dalam bertanya maupun mengemukakan ide masih terbatas. Hal ini dapat dipahami karena pembelajaran lebih terarah pada soal dengan jawaban tunggal, sehingga

kesempatan bagi siswa untuk mengeksplorasi ide dan strategi berbeda belum banyak muncul. Dengan kondisi tersebut, pembelajaran sebenarnya sudah berjalan baik dalam aspek penyampaian materi pokok, tetapi masih terbuka peluang untuk dikembangkan agar siswa lebih aktif, kreatif, dan terbiasa menghadapi masalah terbuka yang menantang kemampuan berpikir komputasi mereka.

3. Angket (Kuesioner)

Dalam penelitian ini, angket digunakan sebagai salah satu teknik pengumpulan data untuk memperoleh informasi mengenai kevalidan dan kepraktisan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*. Terdapat lima jenis angket yang digunakan, yaitu:

- a. Angket validasi untuk ahli materi.
- b. Angket validasi untuk ahli media.
- c. Angket validasi instrumen tes.
- d. Angket kepraktisan untuk tanggapan siswa terhadap modul.
- e. Angket kepraktisan untuk tanggapan guru terhadap penggunaan modul.

Seluruh angket ini dirancang untuk memperoleh data yang relevan dalam menilai kualitas dan kepraktisan produk yang dikembangkan. Instrumen angket menggunakan skala Likert sebagai alat ukur, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengetahui tingkat persetujuan atau ketidaksetujuan responden terhadap pernyataan yang diajukan. Para ahli memberikan penilaian terhadap aspek-aspek penting dalam modul, seperti kesesuaian isi materi, kejelasan penyajian, kemudahan penggunaan, dan daya tarik bagi siswa.

Data yang diperoleh dari angket ini menjadi acuan penting dalam proses revisi dan penyempurnaan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*. Dengan demikian, modul yang dihasilkan diharapkan memenuhi standar kualitas yang baik, serta lebih sesuai dengan kebutuhan siswa dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

4. Tes

Tes digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir komputasi matematis siswa sebelum dan setelah menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*. Data ini dikumpulkan dalam bentuk *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal siswa dan *posttest* untuk menilai peningkatan kemampuan setelah

pembelajaran dengan modul. Tes diberikan dalam dua tahap, yaitu sebelum (*pretest*) dan setelah (*posttest*) penerapan modul. Hasilnya dianalisis untuk melihat perbedaan skor yang mencerminkan efektivitas modul dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Bentuk soal yang digunakan berupa uraian (essay) sebanyak 3 soal untuk pretest dan 3 soal untuk posttest. Soal tes berbentuk uraian yang dirancang untuk mengukur indikator kemampuan berpikir komputasi matematis dalam konteks nyata pada materi fungsi kuadrat. Setiap soal dirancang untuk mengukur indikator kemampuan berpikir komputasi matematis yang meliputi dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma. Sebelum digunakan, soal tes divalidasi untuk memastikan kesesuaian isi, kejelasan bahasa, dan kualitas instrumen. Penskoran mengacu pada indikator kemampuan berpikir komputasi matematis, sehingga data yang diperoleh merefleksikan perkembangan kemampuan siswa secara akurat. Selain itu, soal telah melalui uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda.

3.5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis instrumen, yaitu non tes dan tes. Instrumen – instrumen tersebut dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1. Instrumen Non-Tes

Instrumen non-tes yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat jenis, yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses pengumpulan data. Keempat jenis instrumen tersebut adalah:

1. Instrumen Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memperoleh data mengenai perspektif guru terhadap pembelajaran matematika, termasuk metode yang digunakan, dan tantangan yang dihadapi. Selain itu, wawancara dengan siswa bertujuan untuk memahami pengalaman mereka dalam belajar matematika, tingkat motivasi, kesulitan yang sering dihadapi, serta preferensi mereka terhadap metode pembelajaran yang lebih

interaktif dan eksploratif. Informasi ini digunakan untuk menyesuaikan pengembangan modul agar sesuai dengan kebutuhan guru dan siswa. Berikut ini adalah kisi-kisi wawancara guru dan siswa.

Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Instrumen Wawancara Guru

No.	Kisi-Kisi Pertanyaan	Butir Pertanyaan
1	Metode pengajaran yang diterapkan guru kepada siswa	1,2
2	Media pembelajaran yang digunakan guru	3
3	Respons siswa terhadap materi pembelajaran yang diberikan oleh guru	4,5
Jumlah		5

Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Wawancara Siswa

No.	Kisi-Kisi Pertanyaan	Butir Pertanyaan
1	Dampak motivasi siswa terhadap pelajaran matematika	1,2
2	Reaksi siswa terhadap metode pembelajaran yang diterapkan oleh guru	3,4
3	Media pembelajaran yang diharapkan oleh siswa	5
Jumlah		5

2. Instrumen Observasi

Observasi dilakukan untuk mendapatkan data mengenai dinamika pembelajaran di kelas, meliputi interaksi antara guru dan siswa, tingkat partisipasi siswa dalam diskusi, serta pola penyelesaian masalah yang digunakan dalam pembelajaran. Selain itu, observasi juga mengungkap sejauh mana siswa aktif dalam berpikir kritis dan eksploratif saat diberikan permasalahan matematika. Data ini penting untuk menilai apakah pendekatan pembelajaran yang diterapkan selama ini sudah efektif serta untuk melihat bagaimana modul berbasis *open-ended problem* nantinya dapat diintegrasikan secara optimal dalam pembelajaran. Berikut adalah kisi-kisi instrumen observasi yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Observasi

No.	Kisi-Kisi Pertanyaan	Butir Pertanyaan
1	Metode pengajaran yang diterapkan oleh guru di dalam kelas	1
2	Perangkat pembelajaran yang digunakan oleh guru selama pembelajaran di kelas	2,3
3	Strategi guru untuk meningkatkan motivasi belajar siswa	4
4	Tanggapan siswa terhadap metode pembelajaran yang diterapkan oleh guru	5
Jumlah		5

3. Instrumen Validasi Modul Pembelajaran Matematika

Validasi modul pembelajaran yang digunakan adalah validitas isi. Validasi modul pembelajaran melibatkan ahli materi dan ahli media. Instrumen validasi terdiri dari pernyataan skala Likert dengan empat pilihan jawaban. Jenis angket dan fungsinya adalah sebagai berikut:

a) Angket Validasi Materi

Angket ini berfungsi untuk menguji substansi modul pembelajaran yang telah dikembangkan, dengan fokus pada kesesuaian indikator terhadap Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP). Penilaian mencakup beberapa komponen utama, yaitu kesesuaian isi atau materi, kualitas penyajian, serta kejelasan dan ketepatan bahasa yang digunakan. Angket ini diisi oleh ahli yang relevan dengan bidang modul pembelajaran, guna memastikan validitas dan keterpakaian modul dalam mencapai tujuan pembelajaran yang optimal. Selain itu, hasil angket ini menjadi dasar untuk menentukan bagian-bagian modul yang perlu direvisi agar sesuai dengan prinsip kelayakan isi, kebahasaan, dan penyajian. Proses validasi ini juga penting untuk menjamin bahwa modul tidak hanya layak secara akademik, tetapi juga mudah dipahami oleh pengguna akhir, baik guru maupun siswa. Dengan demikian, angket validasi berperan penting dalam memastikan kualitas modul sebelum dilakukan uji kepraktisan dan efektivitas di lapangan.

Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Angket Validasi Materi

No.	Kategori	Indikator	Butir Pertanyaan
1.	Aspek kelayakan isi	Kesesuaian materi dengan CP	1,2,3
		Keakuratan materi	4,5,6,7,8
		Mendorong keingintahuan	9
		<i>Open-ended problem</i>	10,11
		Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis	12
2.	Aspek kelayakan penyajian	Teknik penyajian	13,14
		Kelengkapan penyajian	15,16,17
		Penyajian pembelajaran	18,19
		Koherensi dan keruntutan alur	20
Jumlah			20

b) Angket Validasi Media

Angket ini digunakan sebagai instrumen evaluasi untuk menguji dan menilai konstruksi modul pembelajaran yang telah dikembangkan, khususnya dari perspektif ahli media. Instrumen ini dirancang untuk mengumpulkan data secara sistematis mengenai kualitas modul dalam berbagai aspek, termasuk kejelasan tampilan visual, keterbacaan teks, konsistensi desain, serta kemudahan navigasi bagi pengguna. Selain itu, angket ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan modul, sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum implementasi lebih lanjut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan masukan serta umpan balik yang berfokus pada aspek desain, keterbacaan, interaktivitas, dan efektivitas media dalam mendukung proses pembelajaran yang optimal.

Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Angket Validasi Media

No.	Kategori	Indikator	Butir Pertanyaan
1.	Aspek kelayakan kegrafikaan	Desain Isi modul pembelajaran	1,2,3,4,5,6,7,8
		Lugas	9,10,11
2.	Aspek kelayakan bahasa	Komunikatif	12,13
		Kesesuaian kaidah bahasa	14,15
Jumlah			15

4. Instrumen Kepraktisan Modul Pembelajaran Matematika

Instrumen penilaian kepraktisan produk terdiri dari angket respon yang diisi oleh guru dan siswa setelah proses pembelajaran.

a) Angket Kepraktisan Modul untuk Guru

Instrumen ini digunakan untuk mengumpulkan data dari pengguna modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* guna memperoleh umpan balik mengenai kepraktisan dan kemudahan penggunaannya dalam pembelajaran. Instrumen disusun dalam bentuk pernyataan dengan skala Likert agar penilaian guru lebih terstruktur dan terukur. Melalui instrumen ini diperoleh pandangan dan saran guru terkait efektivitas penyajian materi, kejelasan instruksi, serta kemampuan modul dalam membantu siswa memahami konsep. Hasil data tersebut menjadi dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan modul agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di kelas.

Tabel 3. 6 Kisi-Kisi Angket Kepraktisan Modul untuk Guru

No.	Komponen	Indikator	Butir Pertanyaan
1	Syarat didaktis	Menemukan konsep	1, 2
		Model pembelajaran berbasis <i>open-ended problem</i>	3, 4, 5
		Keluasan konsep	6, 7
		Kedalaman materi	8, 9, 10, 11
		Kegiatan siswa yang menstimulasi pemikiran kritis	12, 13
2	Syarat teknis	Penampilan fisik	14, 15, 16
3	Syarat konstruksi	Kebahasaan	17, 18, 19
4	Syarat lain	Petunjuk penilaian	20

b) Angket Kepraktisan Modul untuk Siswa

Instrumen ini diberikan kepada siswa sebagai subjek uji coba modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* untuk mengetahui tingkat keterbacaan, ketertarikan, serta tanggapan mereka terhadap modul tersebut. Melalui angket ini, diperoleh data mengenai sejauh mana modul dapat dipahami oleh siswa, daya tarik penyajiannya, serta respons mereka terhadap kegiatan pembelajaran yang disajikan

dalam modul. Hasil tanggapan dari siswa ini menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas modul agar lebih efektif dan menarik bagi proses pembelajaran.

Tabel 3. 7 Kisi-Kisi Angket Kepraktisan Modul untuk Siswa

No.	Aspek	Indikator	Butir Pertanyaan
1	Tampilan Modul	Kemenarikan Modul	1, 2, 3, 4
		Kejelasan huruf	5
2	Penyajian Materi	Kemudahan memahami materi	6,7
		Ketertarikan menggunakan modul	8
3	Manfaat Modul	Peningkatan motivasi belajar	9
		Manfaat Modul	10

3.5.2. Instrumen Tes

Instrumen tes yang digunakan berupa soal uraian yang disusun berdasarkan indikator kemampuan berpikir komputasi matematis. Soal uraian dipilih karena memungkinkan siswa menuliskan langkah penyelesaian secara lengkap, sehingga pola berpikir dan penerapan konsep matematis dapat dianalisis dengan jelas. Untuk penjelasan lebih rinci, instrumen dijabarkan sebagai berikut:

1. Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Komputasi (*Computational Thinking*) Matematis Siswa

Instrumen tes yang digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir komputasi matematis siswa berupa soal uraian yang terdiri dari tiga butir soal yang dirancang secara mendalam untuk menguji berbagai aspek berpikir komputasi dalam konteks matematika. Indikator dalam soal-soal ini diadaptasi dan dimodifikasi dari model Jeannette M. Wing, yang menekankan empat aspek utama dalam *Computational Thinking*, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma (Wing, 2006). Dekomposisi mengacu pada kemampuan siswa dalam memecah suatu masalah kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga lebih mudah untuk dianalisis dan diselesaikan. Pengenalan pola bertujuan untuk mengukur sejauh mana siswa dapat mengidentifikasi kesamaan atau keteraturan dalam berbagai situasi matematis. Abstraksi berkaitan dengan kemampuan siswa dalam menentukan informasi yang relevan serta menyederhanakan permasalahan tanpa

kehilangan makna esensialnya. Sementara itu, algoritma berfokus pada keterampilan siswa dalam menyusun langkah-langkah sistematis untuk menyelesaikan permasalahan matematika secara efisien. Setiap butir soal dalam tes ini dirancang untuk mengukur indikator secara menyeluruh. Pendekatan tersebut diharapkan setiap pertanyaan tidak hanya menguji pemahaman konsep dasar matematika, tetapi juga menantang siswa dalam menerapkan strategi pemecahan masalah yang logis dan sistematis. Perancangan soal dilakukan dengan mempertimbangkan variasi konteks dan tingkat kompleksitas, agar hasil yang diperoleh tidak bersifat parsial, melainkan mampu memberikan gambaran utuh mengenai perkembangan kognitif siswa dalam menyelesaikan persoalan yang terbuka. Melalui analisis terhadap respon siswa, peneliti dapat menilai sejauh mana proses berpikir komputasi telah berkembang, baik dalam mengenali pola, merancang langkah penyelesaian, maupun mengevaluasi hasil akhir.

Tabel 3. 8 Kisi-Kisi *Pretest* Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis

No	Pengalaman Belajar	Materi Pokok	Indikator	Indikator Soal	Bentuk Soal
			Kemampuan Berpikir Komputasi		
1	Menyelesaikan masalah kontekstual dengan fungsi kuadrat	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan konteks desain <i>roller coaster</i> berbentuk parabola, siswa menentukan titik puncak dan titik potong dengan tanah	Uraian
2	Menganalisis lintasan benda menggunakan model kuadrat	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan kasus bola basket dilempar ke ring, siswa menentukan persamaan fungsi kuadrat lintasan bola	Uraian
3	Menerapkan fungsi kuadrat pada desain bangunan	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan model fungsi kuadrat untuk atap stadion, siswa menentukan tinggi maksimum dan algoritma penyelesaiannya	Uraian

Dengan menggunakan format soal uraian, diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, yang mencakup aspek dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma. Hasil analisis dari jawaban siswa digunakan untuk menilai sejauh mana modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang dikembangkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis secara efektif dalam konteks pembelajaran di kelas.

Tabel 3. 9 Kisi-Kisi Posttest Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis

No	Pengalaman Belajar	Materi Pokok	Indikator	Indikator Soal	Bentuk Soal
			Kemampuan Berpikir Komputasi		
1	Menyelesaikan masalah kontekstual dengan fungsi kuadrat	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan konteks desain jembatan parabola, siswa menentukan koefisien agar kapal dengan tinggi tertentu dapat melintas	Uraian
2	Menganalisis lintasan benda menggunakan model kuadrat	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan kasus lintasan bola yang dilempar, siswa menentukan fungsi kuadrat dan jarak horizontal terjauh bola	Uraian
3	Menerapkan fungsi kuadrat pada desain lanskap	Fungsi Kuadrat	Dekomposisi Pengenalan Pola Abstraksi Algoritma	Diberikan masalah lintasan kabel sutet, siswa memodelkan fungsi kuadrat dan menentukan tinggi kabel	Uraian

Untuk lebih jelas, instrumen tes kemampuan berpikir komputasi matematis dijelaskan dalam Lampiran B.1 Hal. 109.

2. Uji Coba Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis

Agar data yang diperoleh akurat, tes yang digunakan harus memenuhi kategori tes yang baik, yang mencakup validitas, reliabilitas, daya pembeda, dan tingkat kesukaran. Oleh karena itu, sebelum instrumen tes diterapkan dalam penelitian, dilakukan serangkaian uji, termasuk uji validitas, uji reliabilitas, analisis tingkat kesukaran, dan pengujian daya pembeda. Berikut adalah rangkaian uji instrumen tes yang diterapkan dalam penelitian ini.

a. Uji Validitas Instrumen

Validitas suatu instrumen menunjukkan sejauh mana instrumen tersebut mampu mengukur atribut atau kemampuan yang seharusnya diukur secara tepat dan konsisten. Dalam penelitian ini, uji validitas dilakukan melalui dua tahap, yaitu validitas isi (*content validity*) dan validitas empiris (*empirical validity*).

Uji validitas isi dilakukan untuk menilai kesesuaian butir soal dengan indikator kemampuan berpikir komputasi matematis yang hendak diukur. Penilaian ini melibatkan seorang guru mata pelajaran matematika, yang memberikan evaluasi terhadap kesesuaian isi, konstruksi, dan bahasa pada setiap butir soal. Hasil validitas isi menunjukkan bahwa seluruh butir soal memperoleh kategori valid, sehingga layak digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir komputasi matematis siswa.

Selanjutnya, dilakukan validitas empiris untuk memastikan bahwa setiap butir soal memiliki kekuatan korelasi yang signifikan terhadap skor total tes. Untuk menghitung nilai validitas butir soal (r_{xy}) digunakan rumus korelasi product-moment (Sugiyono, 2007), yaitu:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan:

x = Skor tiap butir soal

y = Skor siswa

n = Banyak siswa

Butir soal dinyatakan valid jika $r_{hitung} > r_{tabel}$ ($\alpha = 0,05$).

Hasil uji validitas tes kemampuan berpikir komputasi matematis dapat dilihat pada Lampiran D.3 Hal. 173 dan Lampiran D.4 Hal. 174. Adapun rangkuman hasil uji validitas tes kemampuan berpikir komputasi matematis terdapat pada Tabel 3.10 dan Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3. 10 Hasil Analisis Validitas Butir Soal *Pretest*

Nomor Butir	r_{hitung}	r_{tabel}	Kategori
1	0,78	0,37	valid
2	0,76	0,37	valid
3	0,67	0,37	valid

Berdasarkan Tabel 3.10 di atas, hasil uji validitas tes kemampuan berpikir komputasi matematis pada *pretest* pada 28 siswa diperoleh bahwa ketiga soal yang diuji cobakan termasuk dalam kategori valid. Hal ini ditunjukkan dengan nilai r_{hitung} yang lebih besar daripada r_{tabel} (0,37). Dengan demikian, ketiga butir soal *pretest* dapat digunakan dalam penelitian karena telah memenuhi kategori validitas instrumen.

Tabel 3. 11 Hasil Analisis Validitas Butir *Posttest*

Nomor Butir	r_{hitung}	r_{tabel}	Kategori
1	0,75	0,38	valid
2	0,82	0,38	valid
3	0,72	0,38	valid

Berdasarkan Tabel 3.11 di atas, hasil uji validitas tes kemampuan berpikir komputasi matematis pada *posttest* pada 27 siswa diperoleh bahwa ketiga soal yang diuji cobakan termasuk dalam kategori valid. Hal ini ditunjukkan dengan nilai r_{hitung} yang lebih besar daripada r_{tabel} (0,38). Dengan demikian, seluruh butir soal *posttest* dapat digunakan dalam penelitian karena telah memenuhi kategori validitas instrumen.

b. Uji Reliabilitas Tes

Reliabilitas mengacu pada sejauh mana instrumen dapat diandalkan dalam pengukuran. Sebuah tes dianggap baik dan benar jika memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi, yang berarti tes tersebut memberikan hasil yang konsisten jika diberikan kepada subjek yang sama dalam kondisi yang sama. Dengan demikian, reliabilitas menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kualitas suatu instrumen penelitian maupun alat evaluasi pembelajaran. Rumus Alpha Cronbach digunakan untuk menghitung koefisien reliabilitas butir tes (r_{11}) untuk memastikan tingkat konsistensi yang diinginkan dalam penelitian ini (Sugiyono, 2007), yaitu:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right)$$

Keterangan:

n = banyaknya butir soal

s_i^2 = varians skor sampel dari butir soal ke- i

s^2 = varians total skor sampel

Harga r_{11} yang diperoleh dibandingkan dengan kategori pada Tabel 3.12 berikut:

Tabel 3. 12 Kategori Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas (r_{11})	Kategori
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	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
$0,00 \leq r_{11} \leq 0,20$	Sangat Rendah

Instrumen tes yang dipilih untuk penelitian ini harus memenuhi kategori reliabilitas yang sangat tinggi dan tinggi.

Setelah dilakukan perhitungan uji reliabilitas pada instrumen tes kemampuan berpikir komputasi matematis, diperoleh koefisien reliabilitas (r_{11}) untuk *pretest* sebesar 0,581 yang berada pada kategori cukup, dan untuk *posttest* sebesar 0,649 yang berada pada kategori tinggi. Berdasarkan tabel interpretasi reliabilitas menurut Sugiyono (2016), hasil tersebut menunjukkan bahwa instrumen *posttest* memiliki

konsistensi internal yang kuat, sedangkan instrumen *pretest* tetap dapat diterima meskipun berada pada kategori cukup. Dengan demikian, kedua instrumen tes ini dinyatakan reliabel dan layak digunakan dalam penelitian. Hasil perhitungan lengkap disajikan pada Lampiran D.7 Hal. 177 dan Lampiran D.8 Hal.178.

c. Daya Pembeda

Daya pembeda mencerminkan kemampuan suatu soal dalam memisahkan siswa yang memiliki kemampuan tinggi dan kemampuan rendah. Seluruh peserta tes dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu kelompok atas (*upper group*) dan kelompok bawah (*lower group*). Untuk menghitung indeks daya pembeda butir soal, nilai yang diperoleh siswa pada uji coba instrumen terlebih dahulu diurutkan dari siswa yang memperoleh nilai tertinggi sampai siswa yang memperoleh nilai terendah. Kemudian diambil 27% siswa yang memperoleh nilai tertinggi (disebut kelompok atas) dan 27% siswa yang memperoleh nilai terendah (disebut kelompok bawah) (Lestari & Yudhanegara, 2017). Pemilihan proporsi 27% didasarkan pada pertimbangan statistik yang dikemukakan oleh Kelley (1939), yang menyatakan bahwa penggunaan 27% dari kedua ujung distribusi memberikan keseimbangan optimal antara jumlah sampel dan perbedaan skor rata-rata kedua kelompok. Dengan proporsi ini, diperoleh perbedaan yang cukup jelas antara kelompok atas dan bawah.

Menurut Lestari & Yudhanegara (2017) untuk menghitung indeks daya pembeda (DP) digunakan rumus sebagai berikut:

$$DP = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{SMI}$$

Keterangan:

\bar{X}_A : Rata-rata kelompok atas

\bar{X}_B : Rata-rata kelompok bawah

SMI : Skor Maksimum Ideal

Interpretasi koefisien daya pembeda menurut Lestari & Yudhanegara (2017), disajikan pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3. 13 Klasifikasi Daya Pembeda

Indeks Daya Pembeda	Klasifikasi
$0,70 < DP \leq 1,00$	Sangat Baik
$0,40 < DP \leq 0,70$	Baik
$0,20 < DP \leq 0,40$	Cukup
$0,00 \leq DP \leq 0,20$	Buruk

Kategori daya pembeda yang digunakan dalam penelitian ini adalah sangat baik, baik dan cukup. Setelah dilakukan perhitungan uji daya pembeda, diperoleh hasil pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3. 14 Hasil Analisis Daya Pembeda

Pretest			Posttest		
No	DP	Kategori	No	DP	Kategori
1	0,61	Baik	1	0,46	Baik
2	0,56	Baik	2	0,56	Baik
3	0,37	Cukup	3	0,42	Baik

Berdasarkan Tabel 3.14 mengenai indeks daya pembeda soal tes kemampuan berpikir komputasi matematis, diperoleh hasil bahwa ketiga butir soal berada pada instrumen *posttest* berada pada kategori baik. Sedangkan untuk *pretest* dua soal terkategori baik dan satu soal cukup. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen tes yang digunakan dalam penelitian pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended* telah mampu membedakan kemampuan siswa dengan cukup efektif. Dengan demikian, soal-soal tersebut layak digunakan sebagai alat ukur yang andal untuk mengevaluasi peningkatan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, baik dalam tahap uji coba maupun implementasi. Selain itu, hasil analisis daya pembeda ini memperkuat keyakinan bahwa instrumen yang digunakan telah sesuai dengan tujuan pengukuran, yaitu menilai efektivitas modul pembelajaran dalam menumbuhkan kemampuan berpikir komputasi secara menyeluruh dan terukur.. Perhitungan lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran D.11 Hal. 181 dan Lampiran D.12 Hal. 182.

d. Tingkat Kesukaran

Tingkat kesukaran digunakan untuk menentukan derajat kesukaran suatu butir soal. Menurut (Sudijono, 2008), untuk menghitung koefisien tingkat kesukaran (TK) digunakan rumus:

$$TK = \frac{J_t}{I_t}$$

Keterangan:

J_t : Jumlah skor yang diperoleh siswa pada butir soal yang diperoleh

I_t : Jumlah skor maksimum ideal yang dapat diperoleh siswa pada suatu butir soal

Interpretasi koefisien tingkat kesukaran menurut Sudijono (2008), disajikan pada Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3. 15 Interpretasi Tingkat Kesukaran

Koefisian (TK)	Kategori
$0,00 \leq TK \leq 0,15$	Sangat Sukar
$0,15 < TK \leq 0,30$	Sukar
$0,30 < TK \leq 0,70$	Sedang
$0,70 < TK \leq 0,85$	Mudah
$0,85 < TK \leq 1,00$	Sangat Mudah

Setelah melakukan perhitungan uji tingkat kesukaran pada instrumen tes kemampuan berpikir komputasi matematis diperoleh hasil pada Tabel 3.16 berikut.

Tabel 3. 16 Analisis Tingkat Kesukaran

Pretest			Posttest		
No.	Tingkat Kesukaran	Kategori	No.	Tingkat Kesukaran	Kategori
1	0,60	Sedang	1	0,60	Sedang
2	0,62	Sedang	2	0,63	Sedang
3	0,56	Sedang	3	0,69	Sedang

Pada Tabel 3.16 tentang uji tingkat kesukaran ketiga soal pada instrumen *pretest* dan *posttest* dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa baik pada *pretest* maupun *posttest*, seluruh soal memiliki tingkat kesukaran yang proporsional

sehingga dapat digunakan untuk mengukur kemampuan siswa secara optimal. Hasil perhitungan lengkap tingkat kesukaran dapat dilihat pada Lampiran D.9 Hal. 183 dan Lampiran D.10 Hal. 184.

3.6. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yang disesuaikan dengan jenis instrumen yang digunakan dalam pengembangan.

3.6.1 Analisis Data Hasil Wawancara

Data wawancara dianalisis menggunakan analisis tematik, yaitu dengan membaca transkrip wawancara secara menyeluruh, kemudian mengelompokkan jawaban berdasarkan kesamaan tema atau pola yang muncul. Setelah itu, data diringkas dan disajikan dalam bentuk deskripsi untuk menggambarkan pandangan guru dan siswa terhadap pembelajaran serta penggunaan modul. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan masukan dan memahami kebutuhan pengguna modul agar pengembangannya lebih tepat sasaran.

3.6.2 Analisis Data Hasil Observasi

Data observasi dianalisis dengan menggunakan teknik deskriptif. Data yang dikumpulkan berupa catatan lapangan mengenai aktivitas guru dan siswa selama pembelajaran, pola interaksi, serta respons siswa terhadap berbagai tugas yang diberikan. Analisis dilakukan dengan cara mengidentifikasi pola-pola yang muncul, seperti tingkat partisipasi siswa, strategi pemecahan masalah yang digunakan, serta efektivitas instruksi guru dalam membimbing pembelajaran. Hasil analisis ini kemudian disajikan dalam bentuk deskripsi yang memberikan gambaran tentang kondisi pembelajaran di kelas, yang selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*.

3.6.3 Analisis Data Kevalidan Modul Pembelajaran

Data yang diperoleh dari instrumen uji coba dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Angket validasi memiliki empat pilihan jawaban yang sesuai dengan konten pertanyaan. Skor untuk setiap pilihan jawaban bervariasi, mencerminkan tingkat validasi materi ajar. Hasil validasi diungkapkan dalam data kuantitatif, dengan skala Likert yang menghasilkan angka 5, 4, 3, 2, dan 1. Pembobotan skor dilakukan berdasarkan alternatif jawaban, sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3. 17 Skor Penilaian Validasi Ahli (dimodifikasi)

Skor	Pilihan Jawaban Kelayakan
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang baik
1	Sangat Kurang Baik

Berdasarkan data angket validasi, rumus yang digunakan untuk indeks kevalidan (P) (Widoyoko, 2017) sebagai berikut:

$$P = \frac{X - N}{M - N}$$

Keterangan:

N = Minimum jumlah skor

X = Jumlah skor jawaban validator

M = Maksimum jumlah skor

Kategori validasi (Widoyoko, 2017) dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut.

Tabel 3. 18 Kategori Validasi

Indeks Kevalidan (%)	Kategori Validasi
81-100	Sangat Valid
61-80	Valid
41-60	Cukup Valid
21-40	Kurang Valid
10-20	Tidak Valid

Untuk mengetahui tingkat kesamaan penilaian antar validator, dilakukan uji statistik Kendall's W (Kendall's Coefficient of Concordance)(Muhid, 2019). Uji ini digunakan untuk menilai tingkat kesepakatan atau konsistensi antara tiga validator (Validator 1, Validator 2, dan Validator 3) terhadap butir-butir instrumen yang telah disusun. Hasil uji ini memberikan gambaran sejauh mana ketiga validator memberikan penilaian yang seragam terhadap setiap butir dalam instrumen yang dikembangkan. Selain itu, hasil ini juga menjadi dasar untuk menilai konsistensi penilaian antar validator sehingga dapat dipastikan bahwa instrumen yang digunakan memiliki reliabilitas dan objektivitas yang baik dalam mengukur kualitas modul pembelajaran yang dikembangkan.

Hipotesis:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan penilaian skor validasi antara Validator 1, Validator 2, dan Validator 3 pada modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*.

H_1 : Terdapat perbedaan penilaian skor validasi antara Validator 1, Validator 2, dan Validator 3 pada modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*.

Dasar pengambilan keputusan: Jika $\text{sig.} > 0,05$, maka H_0 diterima.

3.6.4 Analisis Data Kepraktisan Modul Pembelajaran

Pada tahap ini, analisis uji kepraktisan modul pembelajaran dilakukan melalui angket respon guru dan angket respon siswa yang dirancang untuk mengumpulkan umpan balik mengenai kepraktisan modul yang telah diterapkan. Angket ini menyediakan lima pilihan jawaban yang mencerminkan konten pertanyaan, dan skor penilaian dari masing-masing pilihan jawaban disajikan dalam Tabel 3.19.

Tabel 3. 19 Skor Penilaian Angket

Skor	Pilihan Jawaban Kemenarikan
5	Sangat Praktis
4	Praktis
3	Cukup Praktis
2	Kurang Praktis
1	Sangat Kurang Praktis

Hasil skor penilaian dari guru dan 12 siswa peserta uji coba kelas kecil dicari rata-rata dan dikonversikan untuk menentukan kepraktisan modul. Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks kepraktisan modul pembelajaran (P) (Widoyoko, 2017) sebagai berikut:

$$P = \frac{X - N}{M - N}$$

Keterangan:

N = Minimum jumlah skor
 X = Jumlah skor jawaban responden
 M = maksimum jumlah skor

Tabel 3. 20 Kategori Kepraktisan

Indeks Kepraktisan (%)	Kategori Validasi
85-100	Sangat Praktis
70-84	Praktis
55-69	Cukup Praktis
50-54	Kurang Praktis
0-49	Tidak Praktis

3.6.5 Analisis Data Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis

Penelitian pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* dianggap efektif jika tujuan pembelajaran tercapai berdasarkan analisis statistik deskriptif dan inferensial yang ditunjukkan melalui peningkatan hasil pretest dan posttest. Efektivitas modul dinilai dari tiga kriteria utama.

Pertama, peningkatan rata-rata skor *N-Gain* yang menunjukkan tingkat efektivitas pembelajaran dengan kategori tinggi. *N-Gain* digunakan karena mempertimbangkan skor awal siswa sehingga dapat mengevaluasi peningkatan secara proporsional, baik bagi siswa dengan kemampuan awal tinggi maupun rendah.

Kedua, efektivitas diuji melalui *Independent Samples t-Test* untuk membandingkan *N-Gain* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol; jika nilai *Sig. (p-value)* < 0,05 maka perbedaan yang signifikan menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan

berpikir komputasi matematis disebabkan oleh penggunaan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*.

Ketiga, efektivitas juga dilihat dari proporsi ketuntasan belajar siswa, di mana modul dinyatakan efektif apabila lebih dari 60% siswa mencapai nilai minimal 70 sesuai KKM sekolah. Sebelum melakukan analisis data, langkah awal yang perlu dilakukan adalah melakukan uji prasyarat, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. *N-Gain*

N-Gain dihitung sebagai selisih antara nilai post-test dan pre-test. *N-Gain* mengindikasikan peningkatan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa setelah proses pembelajaran. Rata-rata *N-Gain* menjadi parameter penilaian. Rata-rata *N-Gain* (\bar{g}) (Hake, 1998) sebagai berikut:

$$\bar{g} = \frac{\sum g}{n} \text{ dengan } g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_m - S_{pre}}$$

Keterangan:

S_{post} : Skor hasil *posttest* siswa

S_{pre} : Skor hasil *pretest* siswa

S_m : Maksimum skor

\bar{g} : Rata-rata *N-Gain*

n = Banyak siswa

Berikut adalah tabel kategori pengelompokan rata-rata *N-Gain* (Hake, 1998):

Tabel 3. 21 Kategori Pengelompokan Rata-Rata *N-Gain* (Dimodifikasi)

Rentang <i>N-Gain</i>	Kategori
$0,70 < \bar{g} \leq 1,00$	Efektif
$0,30 < \bar{g} \leq 0,70$	Cukup Efektif
$0,00 \leq \bar{g} \leq 0,30$	Kurang Efektif

Tabel 3.21 menunjukkan kategori pengelompokan rata-rata *N-Gain* yang digunakan untuk menilai tingkat efektivitas suatu intervensi pembelajaran, dalam hal ini modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem*. Klasifikasi ini dimodifikasi dari panduan dari Hake (1998) digunakan untuk mengukur tingkat peningkatan hasil belajar siswa. Dengan menggunakan kategori ini, peneliti dapat menyimpulkan seberapa besar efektivitas modul dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis.

2. Uji Normalitas

Uji ini dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov Z (Pramesti, 2017) untuk menentukan apakah data *N-Gain* kelas eksperimen dan kelas kontrol berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji ini dilakukan dengan aplikasi SPSS 24. Hipotesis uji adalah:

H_0 : Sampel data *N-Gain* berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel data *N-Gain* berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Keputusan diambil dengan menggunakan kategori taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, dan H_0 diterima jika nilai $Sig. > 0,05$.

Ringkasan hasil uji disajikan pada Tabel 3.22 berikut:

Tabel 3. 22 Hasil Uji Normalitas Data *N-Gain*

Kelas	Sig.	Taraf	Sig.	Keterangan
Eksperimen	0,54	0,05		Data berdistribusi normal
Kontrol	0,11	0,05		Data berdistribusi normal

Berdasarkan Tabel 3.22, nilai signifikansi untuk kedua kelas lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, data *N-Gain* pada populasi kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dinyatakan berdistribusi normal. Hasil lengkap uji normalitas dengan SPSS dapat dilihat pada Lampiran D.17 Hal. 187.

3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas variansi dilakukan dengan menggunakan uji Levene untuk menilai apakah kedua kelompok data memiliki variansi yang homogen (Pramesti, 2017). Tujuan dari uji ini adalah untuk memastikan bahwa asumsi homogenitas variansi terpenuhi sebelum melakukan analisis statistik lebih lanjut, seperti uji t. Hipotesis uji ini adalah:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (Kedua populasi data *N-Gain* memiliki varians yang sama)

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (Kedua populasi data *N-Gain* memiliki varians yang tidak sama)

Keputusan diambil dengan menggunakan kategori taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dan terima H_0 jika $Sig. > 0,05$.

Hasil uji homogenitas dengan menggunakan Levene's Test menunjukkan nilai p-value data *N-Gain* sebesar 0,76. Karena nilai p-value lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima, sehingga data *N-Gain* tes berpikir komputasi matematis dari kedua kelas berasal dari varians yang homogen. Hasil lengkap uji homogenitas dapat dilihat pada Lampiran D.19 Hal. 191.

4. Uji Hipotesis

Untuk mengetahui efektivitas modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* terhadap rata-rata *N-Gain* skor kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, dilakukan pengujian hipotesis menggunakan *Independent Samples t-Test*. Uji ini bertujuan untuk melihat apakah rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas kontrol. Adapun hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (Rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas eksperimen sama dengan rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas kontrol).

$H_1 : \mu_1 > \mu_2$ (Rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari rata-rata *N-Gain* populasi siswa kelas kontrol).

Analisis sebelumnya memperoleh bahwa data skor *N-Gain* berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen, analisis data dilanjutkan dengan uji statistik parametrik, yaitu Uji t (Independent Samples t-Test) (Pramesti, 2017). Keputusan yang diambil berdasarkan kriteria berikut:

- Jika nilai $Sig. (p\text{-value}) < 0,05$, maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata *N-Gain* kelas eksperimen dan kontrol.
- Jika nilai $Sig. (p\text{-value}) > 0,05$, maka H_0 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata *N-Gain* kelas eksperimen dan kontrol.

5. Uji Proporsi

Analisis selanjutnya adalah analisis ketuntasan belajar untuk mengetahui proporsi siswa yang mencapai ketuntasan belajar setelah penggunaan modul. Pada analisis ini dilakukan uji proporsi menggunakan *binomial test* dikarenakan sampel data yang dipakai banyaknya tergolong kecil atau kurang dari 50. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah persentase siswa yang memiliki kemampuan berpikir komputasi matematis tergolong baik pada kelas yang menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended* lebih dari 60% dari jumlah siswa kelas tersebut. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir komputasi matematis baik adalah siswa yang memiliki nilai *posttest* mencapai Kategori Ketuntasan Minimal (KKM), yaitu dengan nilai 70 yang ditetapkan oleh sekolah. Adapun rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut.

$H_0: \pi = 60\%$ (Persentase siswa yang memiliki kemampuan berpikir komputasi matematis tergolong baik (mencapai KKM dengan nilai 70) sama dengan 60% dari jumlah siswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended*.)

$H_1: \pi > 60\%$ (Persentase siswa yang memiliki kemampuan berpikir komputasi matematis tergolong baik (mencapai KKM dengan nilai 70) lebih dari 60% dari jumlah siswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended*.)

Perhitungan uji proporsi dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan program SPSS menggunakan *binomial test* pada taraf signifikansi 5%. Uji binomial dipilih karena sesuai untuk menguji proporsi keberhasilan terhadap proporsi tertentu pada data kategori dengan dua kemungkinan hasil. Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan nilai *Exact Sig. (1-tailed)* yang merupakan nilai *p* (*probability value*) hasil pengujian dengan taraf signifikansi yang ditetapkan. H_0 ditolak jika $p \leq 0,05$. Perhitungan lengkap disajikan pada Lampiran D.21 Hal 194.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Aspek validitas didukung oleh hasil penilaian para ahli materi dan ahli media yang menunjukkan bahwa modul terkategori valid, sehingga isi, bahasa, dan tampilan modul dinilai sesuai dengan kriteria validitas. Aspek kepraktisan tercermin dari tanggapan positif siswa dan guru yang menyatakan bahwa alur penyajian materi, tampilan modul, serta penyusunan soal *open-ended* mudah dipahami, menarik, dan membantu proses pembelajaran di kelas.

Dari aspek efektivitas, hasil analisis menunjukkan bahwa modul mampu meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa. Hal ini dibuktikan melalui (1) peningkatan rata-rata N-Gain pada kategori tinggi; (2) perbandingan hasil belajar yang menunjukkan bahwa rata-rata N-gain populasi siswa pada kelas eksperimen memperoleh skor lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol; serta (3) proporsi ketuntasan belajar siswa yang meningkat secara signifikan setelah menggunakan modul. Ketiga indikator tersebut menegaskan bahwa modul efektif dalam membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir komputasi matematis. Dengan demikian, modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* yang dikembangkan layak dijadikan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi fungsi kuadrat.

5.2 Saran

1. Saran Pemanfaatan Hasil

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang menunjukkan bahwa modul pembelajaran matematika berbasis *open-ended problem* telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi matematis siswa, maka guru matematika disarankan untuk memanfaatkan modul ini sebagai salah satu alternatif bahan ajar dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Mengingat peningkatan kemampuan berpikir komputasi siswa paling menonjol terjadi pada indikator *decomposition* dan *abstraction*, guru dapat memberikan penekanan lebih pada aktivitas yang melibatkan analisis masalah dan penyederhanaan pola agar kemampuan berpikir komputasi berkembang secara lebih merata di seluruh indikator. Selain itu, karena hasil pembahasan juga menunjukkan bahwa penerapan modul ini efektif ketika digunakan dengan pendekatan diskusi kelompok dan eksplorasi solusi terbuka, maka guru disarankan mengintegrasikan modul dengan metode pembelajaran kolaboratif dan reflektif untuk mengoptimalkan interaksi dan kreativitas siswa.

2. Saran Untuk Penelitian Lanjutan

Sementara itu, bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan modul serupa pada materi dan jenjang berbeda guna melihat konsistensi efektivitas pendekatan *open-ended problem* dalam konteks lain. Berdasarkan keterbatasan penelitian ini, perlu juga dilakukan uji coba dengan jumlah sampel yang lebih besar serta dukungan teknologi pembelajaran (misalnya melalui Learning Management System) agar modul lebih mudah diakses dan digunakan secara interaktif oleh siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisy, A. R., & Hakim, D. L. (2023). Kemampuan Berpikir Komputasi Matematis Siswa SMP Pada Materi Pola Bilangan. *Didactical Mathematics*, 5(2), 348–360. <https://doi.org/10.31949/dm.v5i2.6083>
- Ali, F., Anisah, N., Milyarta, U., Dwi, D., Adha, T., Sari, M., & Hilmi, M. A. (2022). Analisis Soal Open-Ended Problem pada Pembelajaran Matematika Kelas V SD/MI. *Jurnal Multidisipliner KAPALAMADA*, 1(4), 473–479.
- Ananda, S. R., Murni, A., & Maimunah, M. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Masalah Open-Ended Untuk Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), 342. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4537>
- Ariesandi, I., Syamsuri, Yuhana, Y., & Fatah, A. (2021). Analisis kebutuhan pengembangan modul elektronik berbasis inkuiri untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi pada materi barisan dan deret siswa SMA. *Aksioma: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 12(2), 178–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.26877/aks.v12i2.7793>
- Arifin, Z. (2022). Pengembangan Soal Open Ended Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *Kependidikan Dan Pemikiran Islam*, 60(4), 48–60.
- Aziz, A., Caswita, C., & Sutiarso, S. (2025). Efektivitas Open-ended Problem Ditinjau dari Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kreatif Matematis: Kajian Literatur. *Mandalika Mathematics and Educations Journal*, 7(2), 461–478. <https://doi.org/10.29303/jm.v7i2.7139>
- Bahar, A., & June Maker, C. (2015). Cognitive backgrounds of problem solving: A comparison of open-ended vs. closed mathematics problems. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6), 1531–1546. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1410a>
- Branch, R. M. (2009). Approach, Instructional Design: The ADDIE. In *Department of Educational Psychology and Instructional Technology University of Georgia* (Vol. 53, Issue 9). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Briliantyas, B., Bella, Kriswandani, & Ratu, N. (2018). Analisis Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah Open-

- Ended Pada Materi Bangun Datar Bagi Siswa Kelas Viii Smp Kristen 02 Salatiga. *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.31764/pendekar.v1i1.244>
- Cahdriyana, R. A., & Richardo, R. (2020). Berpikir Komputasi Dalam Pembelajaran Matematika. *LITERASI (Jurnal Ilmu Pendidikan)*, 11(1), 50. [https://doi.org/10.21927/literasi.2020.11\(1\).50-56](https://doi.org/10.21927/literasi.2020.11(1).50-56)
- Emara, M., Hutchins, N. M., Grover, S., Snyder, C., & Biswas, G. (2021). Examining student regulation of collaborative, computational, problem-solving processes in openended learning environments. *Journal of Learning Analytics*, 8(1), 49–74. <https://doi.org/10.18608/JLA.2021.7230>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM - Mathematics Education*, 56(2), 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Ermawati, D., & Zuliana, E. (2020). Implementation Of Open-Ended Problems On Mathematical Problem-Solving Skill Of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 6(2), 145–157.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2019). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement †. *International Journal of Science Education*, 41(7), 944–963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Hafidzah, N. A., Azis, Z., & Irvan, I. (2021). The Effect of Open Ended Approach on Problem Solving Ability and Learning Independence in Students' Mathematics Lessons. *IJEMS:Indonesian Journal of Education and Mathematical Science*, 2(1), 44. <https://doi.org/10.30596/ijems.v2i1.6176>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers and Education*, 126(September 2017), 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Indah, N., Budiarto, M. T., & Lukito, A. (2018). *The Open-Ended Problem Based Mathematics Learning to Increase Studentsr Creativity on Fraction for Third Grade Elementary School*. 157(Miseic), 77–80. <https://doi.org/10.2991/miseic-18.2018.19>
- Islami, H., & Armiaty, A. (2020). Efektivitas Penggunaan Modul Pembelajaran Berbasis Kontekstual Pada Bidang Keahlian Bisnis Dan Manajemen Di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK): Literature Review. *Jurnal Ecogen*, 3(4),

498. <https://doi.org/10.24036/jmpe.v3i4.10502>
- Istifadah, Z., Nuryadi, & Saadah, F. N. (2020). Pengembangan Modul Digital Pembelajaran Matematika Berbasis Pendekatan Open Ended Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 67–76. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jpm>
- Istiqoma, M., Nani Prihatmi, T., & Anjarwati, R. (2023). Modul Elektronik Sebagai Media Pembelajaran Mandiri. *Prosiding SENIATI*, 301–305. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i2.8016>
- Jamna, N. D., Hamid, H., & Bakar, M. T. (2022). Analisis Kemampuan berpikir Komputasi Matematis Siswa SMP pada Materi Persamaan Kuadrat. *Jurnal Pendidikan Guru Matematika*, 2(3). <https://doi.org/10.33387/jpgm.v2i3.5149>
- Juldial, T. U. H., & Haryadi, R. (2024). Analisis Keterampilan Berpikir Komputasional dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Basicedu*, 8(1), 136–144. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i1.6992>
- Kelley, T. L. (1939). The Selection of Upper and Lower Groups for the Validation of Test Items. *Journal of Educational Psychology*, 30(2), 17–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/h0057123>
- Khoiri, N. (2018). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Southeast Asian Publishing.
- Kurniawan, H. S., & Khotimah, R. P. (2022). Profil Kemampuan Literasi Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Soal High Order Thinking Skill. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3), 1966. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.5563>
- Lestari, S., & Roesdiana, L. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Komputasional Matematis Siswa Pada Materi Program Linear. *RANGE: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 178–188. <https://doi.org/10.32938/jpm.v4i2.3592>
- Lestari, & Yudhanegara. (2017). *Penelitian Pendidikan Matematika*. PT Refika Aditama.
- Maharani, S., Kholid, M. N., NicoPradana, L., & Nusantara, T. (2019). Problem Solving in the Context of. *Infinty: Journal of Mathematics Education*, 8(2), 109–116.
- Mayi, A. G., & Zamzam, K. F. (2018). Pengembangan Modul Matematika Berbasis Open Ended Problem pada Materi Himpunan. *PRISMATIKA: Jurnal Pendidikan Dan Riset Matematika*, 1(1), 41–49. <https://doi.org/10.33503/prismatika.v1i1.302>
- Megawati, A. T., Sholihah, M., & Limiansih, K. (2023). Implementasi Computational Thinking Dalam Pembelajaran Matematika Di Sekolah Dasar. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 9(2), 96–103. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v9n2.p96-103>
- Muhid, A. (2019). Analisis Statistik SPSS. In *Zifatama Jawara*.
- Munawarah, Thalhah, S. Z., Angriani, A. D., Nur, F., & Kusumayanti, A. (2021).

- Development of Instrumen Test Computational Thinking Skills IJHS/JHS Based RME Approach. *Mathematics Teaching-Research Journal*, 13(4), 202–220. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1332346>
- Nuraini, F., Agustiani, N., & Mulyanti, Y. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Komputasi Ditinjau dari Kemandirian Belajar Siswa Kelas X SMK. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 3067–3082. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2672>
- Nurlita, M. (2015). Pengembangan Soal Terbuka (Open-Ended Problem) pada Mata Pelajaran Matematika SMP Kelas VIII. *PYTHAGORAS Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 38–49. <https://doi.org/10.21831/pg.v10i1.9106>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Ögren, M., Nyström, M., & Jarodzka, H. (2016). There's more to the multimedia effect than meets the eye: is seeing pictures believing? *Instructional Science*, 45(2), 263–287. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9397-6>
- Palengka, I., Juniaty, D., & Abadi. (2022). Mathematical reasoning of prospective mathematics teachers in solving problems based on working memory capacity differences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12), 1–12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12670>
- Pastore, R. (2016). Learner Preferences in Multimedia Design. *Journal of Multimedia Processing and Technologies*, 7(4), 144–152. https://dline.info/jmpt/fulltext/v7n4/jmptv7n4_3.pdf
- Pramesti, G. (2017). *Statistika Penelitian dengan SPSS 24*. PT ELEX MEDIA KOMPUTINDO.
- Purwoko, R. Y., Kusumaningrum, B., Laila, A. N., & Astuti, E. P. (2023). Development of Open Ended Based Mathematics E-Modules to Enhance Students' Critical Thinking Ability. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(1), 194–206. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i1.337>
- Putri, Tanjung, M. S., & Siregar, R. (2024). Studi Literatur Pentingnya Berpikir Komputasional dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian Dan Angkasa*, 2(2), 23–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/bilangan.v2i2> Studi
- Putri, Y. F. (2022). Pengembangan instrumen tes kemampuan berpikir komputasional matematis siswa smp. *Skripsi*, 1–169. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/61788>
- Rahman, A. A. (2018). *Strategi Belajar Mengajar Matematika*. Syiah Kuala University Press. https://repository.bbg.ac.id/bitstream/761/1/Startegi_Belajar_Mengajar_Matematika.pdf

- Rezkiani, P., & Warmi, A. (2023). Analisis Kemampuan Siswa Menyelesaikan Soal PISA dalam Konten Ruang dan Bentuk. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 6(1), 273–282. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v6i1.12488>
- Rosanti, A. O. (2024). Studi Literatur : Pengembangan Modul Computational Thinking Berbasis Quantum Teaching and Learning (QtL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Komputasi Siswa Kelas 4 Sdict Al Abidin Surakarta. *Prosiding Seminar Nasional Indonesia*, 2(2), 124–134. <https://adisampublisher.org/index.php/nasional/article/view/692>
- Sari, A., Octaria, D., Utari, R. S., Somakim, S., Hilttrimartin, C., Hartono, Y., & Darmawijoyo, D. (2023). Infographic Development through Instagram to Reduce Mathematics Anxiety and Increase Student Learning Outcomes. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 7(2), 349. <https://doi.org/10.31764/jtam.v7i2.12512>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Siburian, T. R., & Zetriuslita, Z. (2023). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Open Ended Problem berbantuan Software Geogebra. *Prisma*, 12(1), 229. <https://doi.org/10.35194/jp.v12i1.2902>
- Sihotang H. (2020). Materi Pembelajaran (Pengembangan Materi). In *UKI Press*.
- Soeyono, Y. (2014). Pengembangan Bahan Ajar Matematika dengan Pendekatan Open-ended untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa SMA. *PYTHAGORAS Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 205–218. <https://doi.org/10.21831/pg.v9i2.9081>
- Subramaniam, S., Maat, S. M., & Mahmud, M. S. (2022). Computational thinking in mathematics education : A systematic. *Journal of Educational Sciences*, 17(6), 2029–2044.
- Sudijono. (2008). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Raja Grafindo.
- Sugiyono. (2007). *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta.
- Suhartono, & Kirana, A. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran Matematika Sd Berorientasi Hots (Higher-Order Thinking Skills). *Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, 11(2), 172–178. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/paedagoria>
- Sunantri, A., Suyatna, A., & Rosidin, U. (2016). Pengembangan Modul Pembelajaran Menggunakan Learning Content Development System Materi Usaha Dan Energi. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung*, 1, 107–117. <https://www.neliti.com/publications/116144/pengembangan-modul-pembelajaran-menggunakan-learning-content-development-system>
- Suwarno, M., & Ardani, R. A. (2022). Kemampuan Literasi Matematika Siswa Berdasarkan PISA Level 4. *Square : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 4(2), 107–115. <https://doi.org/10.21580/square.2022.4.2.12401>

- Syari, A. K., & Meiliasari. (2024). SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW : PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASIONAL MATEMATIS SISWA. *ALGORITMA Journal of Mathematics Education (AJME)*, 6(2), 111–123. <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/algoritma>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers and Education*, 148(December 2019), 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Turohmah, N. A. (2014). *Peningkatan kemampuan berpikir kritis matematis siswa melalui penerapan pendekatan open ended*. 4(1), 1–166. <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/25299>
- Ummah, B. I., Utami, Y. T., & Arifandi, M. Z. (2024). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbasis Open Ended Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Kelas VIII Pada Materi SPLDV. *Assunniyyah*, 4(01), 53–64. <https://doi.org/10.62097/assunniyyah.v4i01.1882>
- Viberg, O., Grönlund, Å., & Andersson, A. (2023). Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 232–243. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1770801>
- Widoyoko. (2017). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar. <https://library.stik-ptik.ac.id/detail?id=49195&lokasi=lokal>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yuni, Y., & Suryana, A. (2020). Open-Ended Problems for Junior High School Students' Mathematical Reasoning. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 3(2), 88–99. <https://doi.org/10.30738/indomath.v3i2.7603>
- Yunianto, W. (2024). Exploring Computational Thinking in Mathematics Education : Integrating ChatGPT with GeoGebra for Enhanced Learning Experiences To cite this article : Yunianto , W ., Galic , S ., & Lavicza , Z . (2024). Exploring computational thinking in mathematics e. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(6), 1451–1470. <https://doi.org/https://doi.org/10.46328/ijemst.4437>
- Zhang, L. C., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers and Education*, 141(September 2018), 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>
- Zulhendri, Z., & Muhandaz, R. (2020). Kemampuan Pemecahan Masalah pada Pembelajaran dengan Pendekatan Open-ended Berdasarkan Disposisi Matematis Siswa. *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 3(4), 335. <https://doi.org/10.24014/juring.v3i4.10518>