PENGEMBANGAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS ANDROID TERINTEGRASI STEM MATERI KALOR UNTUK MENINGKATKAN *COMPUTATIONAL THINKING* SISWA

Tesis

Oleh

SYUKRON FUAD

NPM 2123025008

PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG

2025

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS ANDROID TERINTEGRASI STEM MATERI KALOR UNTUK MENINGKATKAN *COMPUTATIONAL THINKING* SISWA

Oleh

SYUKRON FUAD

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk aplikasi multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* siswa. Penelitian dan pengembangan ini dilakukan dengan model 4D yang terdiri dari pendefinisian *(define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Penelitian ini menggunakan *mixed methods model concurrent embedded* yang terdiri dari lima tahap pengumpulan data, yaitu pengumpulan data kualitatif dilanjutkan dengan pengumpulan data kuantitatif dilanjutkan dengan pemberian intervensi berupa pengumpulan data kualitatif dilanjutkan pengumpulan data kuantitatif dan terakhir pengumpulan data kualitatif. Desain uji coba yang digunakan adalah *non-equivalent pre-test post-test control group design*. Subjek penelitian adalah peserta didik SMP berjumlah 64 orang, 32 orang kelas eksperimen dan 32 orang kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan dinyatakan 1) sangat valid (94%) oleh ahli materi, (95%) oleh ahli media; 2) sangat praktis digunakan dalam pembelajaran oleh peserta didik sebesar (91%), dengan tingkat keterlaksanaan pembelajaran sangat tinggi yaitu (94.57%); 3) efektif dalam meningkatkan *computational thinking* siswa dengan *n-gain* tinggi (0.77) dan *effect size* dengan kriteria sebesar (91%). Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan ini dapat digunakan dalam pembelajaran materi kalor untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* siswa.

Kata kunci: Multimedia pembelajaran interaktif, android, STEM, *computational thinking*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE LEARNING MULTIMEDIA BASED ON ANDROID INTEGRATED WITH STEM HEAT MATERIAL TO IMPROVE STUDENTS' COMPUTATIONAL THINKING

By

SYUKRON FUAD

This study aims to produce an interactive learning multimedia application product based on Android integrated with STEM heat material that is valid, practical, and effective in improving students' computational thinking skills. This research and development was carried out using a 4D model consisting of defining, designing, developing, and disseminating. This study uses a mixed methods concurrent embedded model consisting of five stages of data collection, namely qualitative data collection followed by quantitative data collection followed by providing interventions in the form of qualitative data collection followed by quantitative data collection and finally qualitative data collection. The trial design used was a non-equivalent pre-test post-test control group design. The subjects of the study were 64 junior high school students, 32 in the experimental class and 32 in the control class. The results showed that the resulting product was stated as 1) very valid (94%) by material experts, (95%) by media experts; 2) very practical to use in learning by students (91%), with a very high level of learning implementation, namely (94.57%); 3) effective in improving students' computational thinking with high n-gain (0.77) and effect size with criteria of (91%). Based on the results of the research and data analysis, it shows that the developed product can be used in learning heat material to improve students' computational thinking abilities.

Keywords: Interactive learning multimedia, android, STEM, computational thinking

PENGEMBANGAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS ANDROID TERINTEGRASI STEM MATERI KALOR UNTUK MENINGKATKAN *COMPUTATIONAL THINKING* SISWA

Oleh

SYUKRON FUAD

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
MAGISTER PENDIDIKAN

Pada

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

PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025

Judul Tesis	: **PENGEMBANGAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS ANDROID TERINTEGRASI STEM MATERI KALOR UNTUK MENINGKATKAN *COMPUTATIONAL THINKING* SISWA**
Nama Mahasiswa	: **Syukron Fuad**
No. Pokok Mahasiswa	: 2123025008
Program Studi	: Magister Pendidikan IPA
Jurusan	: Pendidikan MIPA
Fakultas	: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.	**Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**
NIP 19681210 199303 1 002	NIP 19600821 198503 1 004

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA	Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA
Dr. Nurhanurawati, M.Pd.	**Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.**
NIP 19670808 199103 2 001	NIP 19700327 199403 2 001

Dipindai dengan CamScanner

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.** .....

Sekretaris : **Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.** .....

Penguji Anggota : **Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.** .....

Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si. .....

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.
NIP 19870504 201404 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana

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

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 05 Mei 2025

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Syukron Fuad
Nomor Pokok Mahasiswa	: 2123025008
Program Studi	: Magister Pendidikan IPA
Jurusan	: Pendidikan MIPA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 5 Mei 2025
Yang menyatakan

Syukron Fuad
NPM. 2123025008

Dipindai dengan CamScanner

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara yang dilahirkan di Pamenang pada tanggal 12 Oktober 1984 dari pasangan Bapak Zaini Amsir dan Ibu Munsiatun. Penulis selesai menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 4 Bumiratu pada tahun 1996. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTs N Pringsewu dan lulus pada tahun 2000, kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Pringsewu hingga lulus pada tahun 2003. Setelah selesai menempuh pendidikan SMA, penulis diterima di Universitas Lampung sebagai mahasiswa S-1 Pendidikan Fisika dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2007. Saat menempuh pendidikan S-1, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan seperti Himasakta (Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta), pada saat menjadi mahasiswa penulis juga telah mengajar di MTs dan MA Al Hikmah Bandar Lampung, menjadi tentor di bimbingan belajar Nurul Fikri Bandar Lampung. Pada tahun 2009 penulis menjadi CPNS dan ditempatkan sebagai guru di SMPN 1 Cukuhbalak, lalu pada tahun 2015 bertugas sebagai guru di SMPN 3 Pugung, pengajar di bimbingan belajar Ganesha Operation (GO) Pringsewu, pada tahun 2023 hingga saat ini penulis sebagai Pengawas Sekolah di wilayah Kecamatan Bulok dan Cukuhbalak Kabupaten Tanggamus. Pada tahun 2024 penulis juga ditugaskan menjadi Plt Kepala SMPN 1 Cukuhbalak. Saat menjadi guru hingga pengawas sekolah penulis juga aktif di organisasi profesi seperti menjadi ketua MGMP IPA Tanggamus, menjadi pengurus IGI Provinsi Lampung, pengurus SLCC PGRI Tanggamus, pengurus HEPI Tanggamus, pengurus APSI Tanggamus. Penulis juga menjadi Founder Komunitas Belajar Media Sukses, Komunitas Belajar.id Tanggamus, Komunitas Belajar Literasi Sains dan Digital. Penulis juga aktif menjadi Trainer dibidang Pendidikan, seperti trainer IGI

SAGUSANOV (Satu Guru Satu Inovasi) AR, SAGUSANOV Coding, Trainer SAGUAVA (Satu Guru Satu Canva), Google Certified Educator, Trainer Microsoft 365, Trainer Gemini AI. Penulis juga menjadi Asesor Program PPG Prajabatan Kemdikbud. Pada tahun 2021, penulis dinyatakan diterima sebagai mahasiswa program Pascasarjana di Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.

MOTTO

إِنَّ ٱللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُواْ مَا بِأَنفُسِهِمْ

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”
(QS. Ar-Rad Ayat 11)

يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

“Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa dejarat”
(QS. Mujadalah 11)

تَعَلَّمُوْا وَعَلِّمُوْا وَتَوَاضَعُوْا لِمُعَلِّمِيْكُمْ وَلْيَلَوْا لِمُعَلِّمِيْكُمْ

“Belajarlah kamu semua, dan mengajarlah kamu semua, dan hormatilah guru-gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu.”
(HR Tabrani)

"Jadilah cahaya bagi orang lain dengan terus berbagi kebaikan, karena inspirasi besar lahir dari tindakan sederhana yang penuh makna."
(Penulis)

Belajar, Berkarya dan Bermanfaat
(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Segala puji hanya milik Allah, Tuhan semesta alam. Alhamdulillah, atas segala nikmat, rahmat, dan karunia-Nya.

Karya ini kupersembahkan sebagai bentuk penghargaan dan rasa cinta yang tulus kepada orang yang begitu berarti dalam hidupku, sebagai wujud bakti dan terima kasih yang tak terhingga.

Kedua Orang tuaku
(alm. Zaini Amsir dan almh. Munsiatun)
Dengan penuh syukur, penulis mengucapkan terima kasih mendalam kepada Ayah dan Ibu atas kasih sayang, perhatian, dan pengorbanan yang tak ternilai. Kalian telah mendidik dengan sabar, merawat dengan cinta tulus, dan berjuang tanpa henti. Pengorbanan ayah dan ibu menjadi pelajaran dan kekuatan hidupku. Meski telah tiada, cinta dan kenangan indah akan selalu dikenang. Penulis berdoa agar Allah SWT memberikan tempat terbaik di sisi-Nya dan melapangkan jalan ayah dan ibu menuju surga. Amin.

Keluarga kecilku
(Istri dan Anak)
Terima kasih kepada istri tercinta atas cinta, kesabaran, dan dukungannya yang tiada henti, serta kepada anak-anakku yang menjadi sumber semangat dan motivasi untuk terus berkembang. Kalian adalah anugerah terindah yang membuat setiap langkahku berarti. Mari kita terus tumbuh bersama dalam cinta dan kebahagiaan.

Para Pendidik
Dosen dan guruku yang tiada lelahnya memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan arahan sehingga aku bisa menjadi pribadi yang lebih baik dan mau berusaha untuk terus maju dan berani dalam mewujudkan impianku.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM Materi Kalor Untuk Meningkatkan *Computational Thinking* Siswa" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan IPA di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
4. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung.
5. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.
6. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing I serta Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, saran, kritik, dan motivasi serta nasihat kepada penulis dalam proses penyelesaian tesis ini.
7. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran, kritik, motivasi, dan nasihat kepada penulis selama proses penyelesaian tesis ini.
8. Dr. Dewi Lengkana, M.Sc., selaku Pembahas yang telah memberikan saran, kritik, serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
9. Para Dosen Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dalam proses pembelajaran selama perkuliahan.

10. Para staf Jurusan Pendidikan MIPA Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses perkuliahan.
11. Para validator, yaitu Dr. Rangga Firdaus, M.Kom., Dr. Dewi Lengkana, M.Sc dan Sulistiyowati, M.Pd., yang telah memberikan masukan dan saran terhadap pengembangan multimedia pembelajaran interaktif.
12. Teman-teman Program Studi Magister Pendidikan IPA Angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan.
13. Istriku Roslina yang telah memberikan support untuk saya terus belajar dan mengembangkan diri.
14. Anak anakku Faiz Rasyid Alfarisi Fuad dan Fadhlan Arsyad Al Qarni Fuad yang senantiasa memberikan motivasi kepada ayah.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 05 Mei 2025
Penulis

Syukron Fuad
NPM 2123025008

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR LAMPIRAN ix
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 5
II. KAJIAN PUSTAKA 7
2.1 Teori Belajar dan Pembelajaran 7
2.1.1 Teori Belajar Behaviorisme 8
2.1.2 Teori Belajar Kognitivisme 10
2.1.3 Teori Belajar Kontruktivisme 14
2.2 Multimedia Pembelajaran Interaktif 18
2.2.1 Pengertian Multimedia 18
2.2.2 Teori Multimedia 20
2.3 Android 26
2.4 STEM 28
2.5 *Computational Thinking* 31
2.6 Kerangka Berpikir 34
2.7 Hipotesis Penelitian 37
III. METODE PENELITIAN 38
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 38
3.2 Desain Penelitian 38

3.3 Tahapan Penelitian 39
3.3.1 Tahap I Qualitatif 39
3.3.2 Tahap II Quantitatif, Qualitatif, Quantitatif 48
3.3.3 Tahap III (Qualitatif) 50
3.3.4 Tahap IV (*Interpretation*) 51
3.4 Teknik dan Pengumpulan Data 52
3.5 Analisis Data 54
3.5.1 Analisis Data Kevalidan 54
3.5.2 Analisis Data Kepraktisan 55
3.5.3 Analisis Data Keefektifan 56
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 60
4.1 Hasil Penelitian dan Pengembangan 60
4.1.1 Data Kevalidan 60
4.1.2 Data Kepraktisan 76
4.1.3 Data Keefektifan 92
4.2 Pembahasan 99
4.2.1 Kevalidan 99
4.2.2 Kepraktisan 105
4.2.3 Keefektifan 107
V. KESIMPULAN DAN SARAN 112
5.1 Kesimpulan 112
5.2 Saran 113
DAFTAR PUSTAKA 114
LAMPIRAN 123

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Perbandingan Tiga Teori Belajar 16
2. Indikator *Computational Thinking* (Berpikir Komputasi) 34
3. Kisi-kisi Angket Penilaian Ahli Materi 54
4. Kisi-kisi Angket Penilaian Ahli Media 55
5. Kriteria Validitas Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android 55
6. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran 56
7. Kisi-kisi Respon Siswa Terhadap Multimedia Pembelajaran 56
8. Kategori Kepraktisan Multimedia Pembelajaran Interaktif 56
9. Kategori Perolehan Nilai N-Gain 57
10. Analisis Kebutuhan Guru Terhadap Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM 61
11. Produk Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM 65
12. Tabel Hasil Uji Validasi Ahli Materi 68
13. Kisi-kisi soal sebelum revisi 72
14. Kisi-kisi soal setelah revisi 72
15. Hasil Uji Validasi Ahli Media 73
16. Keterlaksanaan Pembelajaran 76
17. Hasil pengukuran voltase dan arus pada mobil tenaga surya 82
18. Uji N-Gain 94
19. N-Gain indikator *computational thinking* kelas eksperimen dan kontrol 95
20. Uji Normalitas 96
21. Uji Homogenitas 97
22. Uji t 98
23. Uji Dampak ANCOVA 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. *Verbal and nonverbal symbolic systems of Dual Coding Theory* 21
2. Kerucut Pengalaman Dale 22
3. Tahapan *computational thinking* 33
4. Skema kerangka berpikir..... 36
5. Langkah penelitian *mixed methods* model *concurrent embedded* 39
6. Alur Pengembangan 4D 47
7. Desain penelitian *non-equivalent pre-test post-test control group design*..... 48
8. Aplikasi pembuat multimedia pembelajaran interaktif. 64
9. *Storyboard* multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM..... 64
10. KI dan KD pada MPI sebelum revisi. 69
11. CP dan TP pada MPI setelah revisi. 69
12. LKPD sebelum revisi. 70
13. LKPD setelah revisi. 71
14. Latihan soal sebelum revisi. 74
15. Latihan soal setelah revisi. 74
16. Soal sebelum revisi hanya berupa pilihan ganda. 75
17. Penambahan soal essay setelah revisi. 75
18. QR Code multimedia pembelajaran interaktif. 76
19. Peneliti menampilkan aplikasi multimedia pembelajaran interaktif. 78
20. Peneliti membagi kelompok. 79
21. Menu STEM pada MPI berbasis android. 80
22. Rancangan mobil tenaga surya. 81
23. Siswa laki-laki merakit mobil tenaga surya. 81
24. Siswa perempuan merakit mobil tenaga surya. 81
25. Ujicoba mobil tenaga surya. 82

26. Siswa mengukur voltase dan arus pada mobil tenaga surya. 82
27. Peneliti membimbing siswa dalam menyelesaikan LKPD. 83
28. Analisis komponen STEM. 84
29. Kepraktisan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android. 84
30. Tampilan Video Pembelajaran Pada MPI. 100
31. Siswa mencoba *Augmented Reality* (AR). 101
32. Pemrosesan informasi menurut teori kognitif pembelajaran multimedia. 102
33. Siswa menggunakan aplikasi multimedia pembelajaran interaktif 105
34. Wawancara dengan siswa. 107
35. Jawaban *pretest* siswa soal no 1 108
36. Jawaban *posttest* siswa soal no 1 sesuai indikator CT 109
37. Jawaban *pretest* siswa soal no 2 110
38. Jawaban posttest siswa soal no 2 sesuai indikator CT 110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Aplikasi Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM Materi Kalor …… 124
2. Modul Ajar …… 136
3. Kisi-kisi soal kalor dengan indikator *computational thinking* …. 171
4. Angket analisis Kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran 176
5. Angket Respon Siswa …….. 178
6. Instrumen Uji Validasi ……. 181
7. Lembar Observasi …… 211
8. Lembar Wawancara Untuk Guru …… 223
9. Lembar Wawancara Untuk Siswa Kemampuan Tinggi ……..... 224
10. Lembar Wawancara Untuk Siswa Kemampuan Sedang ……. 225
11. Lembar Wawancara Untuk Siswa Kemampuan Rendah ……..... 226
12. Uji Normalitas ……. 227
13. Uji Homogenitas dan Uji t ……... 228
14. Uji Dampak ANCOVA …… 229
15. Surat izin penelitian …….. 230
16. Surat balasan izin penelitian ……. 231

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan globalisasi dan digitalisasi yang sangat pesat diikuti dengan kebutuhan untuk meningkatkan kemampuan siswa pada abad 21 pada beberapa aspek seperti kemampuan pemecahan masalah, berpikir kritis, kolaborasi dan lain sebagainya (Dede, 2010). Pada era digital ini dimana masalah yang dihadapi seseorang semakin rumit dan kompleks, membutuhkan kemampuan yang lebih baik pula dalam mencari solusi pemecahannya, namun demikian, masih belum banyak praktik pembelajaran yang bertujuan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah bagi siswa (Ansori, 2020).

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu keterampilan abad 21 yang penting dikuasai peserta didik sebagai bekal menghadapi revolusi industri 4.0 (Dewi et al., 2021). Pendekatan yang dapat diterapkan untuk melatih kemampuan pemecahan masalah pada siswa yaitu pendekatan *computational thinking* (Dewi *et al.*, 2021; Yuntawati *et al*., 2021). *Computational Thingking* sebagai sebuah cara memahami dan menyelesaikan masalah kompleks menggunakan teknik dan konsep ilmu komputer seperti dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi dan algoritma dipandang banyak ahli merupakan salah satu kemampuan yang banyak menopang dimensi pendidikan abad 21 (Ansori, 2020 ; Maharani *et al.*, 2020). Empat dasar dalam *computational thinking* yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma (Liem, 2017). Proses ini dapat ditunjang melalui media yang tepat (Ardiani, 2022). Pemanfaatan media oleh guru sebaiknya didasarkan pada desain atau rancangan pembelajaran yang akan dilaksanakan sehingga prinsip pemanfaatan perlu dikaitkan dengan kebutuhan dan karakteristik siswa (Rasvani & Wulandari, 2021).

Dalam konteks pembelajaran IPA, terutama pada materi kalor, terdapat beberapa konsep dasar yang sulit untuk diamati secara langsung atau tidak dapat terlihat dengan kasat mata, seperti perpindahan partikel. Namun, tantangan ini dapat diatasi melalui penggunaan media pembelajaran interaktif. Dengan menggunakan media yang tepat, siswa dapat menggali pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep IPA melalui simulasi visual, memungkinkan mereka untuk memahami fenomena yang tidak dapat diamati secara fisik, hal ni membuka pintu bagi pengalaman pembelajaran yang lebih dinamis dan memudahkan siswa untuk memahami konsep-konsep abstrak dalam materi kalor secara lebih efektif.

Berdasarkan angket analisis kebutuhan guru terhadap multimedia pembelajaran interaktif, didapatkan data 87,5 % memanfaatkan TIK dalam proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) di kelas dan 12,5 % tidak memanfaatkan TIK dalam proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), 87,5 % menggunakan internet sebagai salah satu sumber belajar dan 12,5 % tidak menggunakan internet sebagai salah satu sumber belajar, 45,8 % menggunakan pendekatan STEM dalam pembelajaran, 54,2 % tidak menggunakan pendekatan STEM dalam pembelajaran, 91,7 % melakukan pembelajaran dikelas memunculkan kemampuan pemecahan masalah, 8,3 % tidak melakukan pembelajaran dikelas memunculkan kemampuan pemecahan masalah, 45,8 % mengenal istilah *computational thinking*, 54,2 % tidak mengenal istilah *computational thinking*, 83,3 % menggunakan android untuk menunjang proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), 16,7 % tidak menggunakan android untuk menunjang proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), 54,2 % menggunakan multimedia pembelajaran interaktif dalam proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), 45,8 % tidak menggunakan multimedia pembelajaran interaktif dalam proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), 100 % setuju dikembangkan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android.

Dari hasil analisis angket diatas maka solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran dalam menigkatkan *computational thinking* siswa adalah menggunakan multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

Integrasi ini memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran, menghubungkan konsep-konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks yang relevan dan menarik, serta memiliki keterampilan pemecahan masalah. Multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM tidak hanya memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih holistik, tetapi juga memungkinkan pengembangan berbagai keterampilan, terutama keterampilan *computational thinking* yang diperlukan pada abad 21. Produk ekstensi multimedia yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa apk dan dapat diinstal pada *smartphone*/android, sehingga siswa dapat dengan mudah belajar kapan saja dan dimana saja (Alhafidz & Haryono, 2018 ; Rachma et al., 2020).

Penelitian-penelitian terdahulu telah banyak mengembangkan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android. Penelitian oleh (Kartini & Putra, 2021) yang berhasil merancang aplikasi pembelajaran interaktif dengan menu utama yang terdiri dari menu materi, latihan dan kuis. Penelitian oleh (Yektyastuti & Ikhsan, 2016) merancang pembelajaran interaktif dengan menu utama yang terdiri dari menu kompetensi, materi, latihan dan evaluasi. Penelitian oleh (Adnyaswari et al., 2022) merancang pembelajaran interaktif dengan menu utama yang terdiri dari menu materi, video, LKPD, dan kuis. Penelitian oleh (Astuti et al., 2017) merancang pembelajaran interaktif dengan menu utama yang terdiri dari menu materi, video pembelajaran dan soal latihan. Aplikasi tersebut telah menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan mempermudah akses terhadap materi pembelajaran. Kebaruan dalam penelitian ini adalah adanya penggunaan *Augmented Reality* (AR) pada MPI (Multimedia Pembelajaran Interaktif), kemudian adanya integrasi STEM proyek pembuatan mobil tenaga surya pada MPI, dan soal yang digunakan adalah soal dengan kemampuan *Computational Thinking* guna mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas cakupan dari penelitian sebelumnya, tetapi juga memberikan kontribusi baru dalam menggabungkan teknologi mutakhir dan pendekatan pedagogis inovatif ke dalam media pembelajaran digital berbasis android.

Berdasarkan uraian tersebut di atas penulis telah melakukan penelitian dan pengembangan media pembelajaran dengan judul "**Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM Materi Kalor Untuk Meningkatkan *Computational Thinking* Siswa**".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor yang valid untuk meningkatkan *computational thinking* siswa?
2. Bagaimanakah kepraktisan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor dalam meningkatkan *computational thinking* siswa?
3. Bagaimanakah efektifitas multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor untuk meningkatkan *computational thinking* siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendeskripsikan karakteristik multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor yang valid dalam meningkatkan *computational thinking* siswa.
2. Mendeskripsikan kepraktisan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor dalam meningkatkan *computational thinking* siswa.
3. Mendeskripsikan efektifitas multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor dalam meningkatkan *computational thinking* siswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Bagi peneliti dapat memberikan pengetahuan, wawasan, pengalaman dan bekal berharga terutama dalam pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor untuk meningkatkan *computational thinking* siswa.

1.4.2 Bagi pendidik dapat memberikan informasi bagaimana pelaksanaan kegiatan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor untuk meningkatkan *computational thinking* siswa.

1.4.3 Bagi siswa dapat memberikan pengalaman pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor sehingga dapat meningkatkan *computational thinking.*

1.4.4 Bagi dunia pendidikan dapat memberikan kontribusi bagi peningkatan kualitas pembelajaran.

1.4.5 Bagi peneliti selanjutnya dapat dijadikan sebagai contoh perangkat pembelajaran yang dapat dikembangkan dan dimodifikasi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian pengembangan ini yaitu:

1.5.1 Pengembangan dalam penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor yang terdiri dari video, LKPD, *Augmented Reality*, dan Soal.

1.5.2. Android adalah sistem operasi berbasis *Linux* untuk telepon selular seperti *smartphone* dan tablet *computer*. Dalam penelitian ini aplikasi yang digunakan untuk membuat aplikasi android adalah *Smart Apps Creator* (SAC).

1.5.3 STEM dalam penelitian ini merujuk pada pendekatan lintas disiplin ilmu yang mengintegrasikan sains (*Science*), teknologi (*Technology*), teknik (*Engineering*), dan matematika (*Mathematics*), dengan penekanan khusus pada studi dan penerapan konsep-konsep yang berkaitan dengan materi

kalor dengan menerapkan prinsip-prinsip transfer panas dari energi matahari yang diimplementasikan dalam proyek pembuatan mobil tenaga surya (*solar car*).

1.5.4. *Computational thinking* atau cara berpikir secara komputasi adalah sebuah kemampuan berpikir untuk menyelesaikan permasalahan secara menyeluruh, logis dan terstuktur. Empat dasar *computational thinking* yaitu:

1. *Decomposition* (dekomposisi)
2. *Pattern recognition* (pengenalan pola)
3. *Abstraction* (generalisasi pola)
4. *Algorithms* (algoritma)

1.5.5 Multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM digunakan dalam proses pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL).

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori Belajar dan Pembelajaran

Belajar adalah suatu proses di mana suatu organisme mengubah perilakunya sebagai hasil dari pengalaman (Gagne, 1985). Belajar adalah proses aktif yang memungkinkan seseorang membangun pengetahuannya sendiri berdasarkan pengalaman dan pemahaman yang telah dimiliki (Bruner, 1966). Belajar adalah proses aktivitas pengembangan pengetahuan, keterampilan atau sikap sebagai interaksi seseorang dengan informasi dan lingkungannya sehingga dalam proses belajar diperlukan pemilihan, penyusunan dan penyampaian informasi dalam lingkungan yang sesuai dan melalui interaksi pembelajar dengan lingkungannya (Amsari, 2018).

Belajar merupakan aktivitas menuju kehidupan yang lebih baik secara sistematis. Proses belajar terdiri atas tiga tahapan, yaitu tahap informasi, transformasi dan evaluasi (Wahab & Rosnawati, 2021). Yang dimaksud dengan tahap informasi adalah proses penjelasan, penguraian atau pengarahan mengenai struktur pengetahuan, keterampilan dan sikap. Tahap transformasi adalah proses peralihan atau pemindahan struktur tadi ke dalam diri peserta didik. Proses transformasi dilakukan melalui informasi, sedangkan evaluasi adalah serangkaian kegiatan yang dirancang untuk mengukur keefektifan sistem mengajar dan belajar sebagai suatu keseluruhan.

Pembelajaran adalah suatu proses yang dilakukan oleh individu untuk memperoleh perubahan dalam keterampilan, pengetahuan, sikap, atau nilai yang dapat bertahan dalam jangka waktu tertentu Gagne (1985). Menurut Bruner (1966) Pembelajaran adalah proses yang memungkinkan seseorang membangun konsep dan makna baru melalui penemuan dan eksplorasi. Pembelajaran adalah

proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran merupakan suatu proses atau kegiatan yang sistematis dan sistemik yang bersifat interaktif dan komunikatif antara pendidik (guru) dengan siswa, sumber belajar, dan lingkungan untuk menciptakan suatu kondisi yang memungkinkan terjadinya tindakan belajar siswa. Pengertian pembelajaran Menurut Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menyatakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Jadi dapat disimpulkan belajar adalah suatu proses perubahan perilaku, pengetahuan, keterampilan, atau sikap yang terjadi sebagai hasil dari pengalaman, latihan, atau interaksi dengan lingkungan. Proses ini bisa berlangsung secara sadar maupun tidak sadar dan bertujuan untuk meningkatkan pemahaman serta kemampuan seseorang dalam menghadapi berbagai situasi.

2.1.1 Teori Belajar Behaviorisme

Teori belajar behavioristik merupakan pendekatan yang menekankan bahwa belajar adalah perubahan perilaku yang dapat diamati dan diukur, yang terjadi sebagai hasil dari interaksi antara individu dengan lingkungannya. Dalam teori ini, belajar dianggap sebagai respons terhadap stimulus yang diberikan, dan pembentukan kebiasaan menjadi faktor utama dalam proses pembelajaran.
Prinsip-Prinsip Utama

1. Belajar adalah hasil dari pengalaman.
   Seseorang belajar melalui pengalaman langsung dengan lingkungannya.
2. Stimulus dan Respons
   Perubahan perilaku terjadi karena adanya hubungan antara stimulus (rangsangan) dan respons (tanggapan).
3. Penguatan (*Reinforcement*)
   Penguatan positif (*reward*) memperkuat perilaku, sedangkan penguatan negatif atau hukuman mengurangi perilaku tertentu.
4. Pembentukan kebiasaan
   Perilaku yang sering diperkuat akan menjadi kebiasaan yang menetap.

Tokoh-Tokoh Utama dalam teori belajar behavioristik:

1. Ivan Pavlov (1849–1936) – Teori *Classical Conditioning*

Pavlov menemukan bahwa perilaku dapat dipelajari melalui asosiasi antara stimulus yang awalnya netral dengan stimulus yang sudah memiliki respons alami. *"Belajar terjadi melalui proses asosiasi antara stimulus dan respons. Jika suatu stimulus yang awalnya netral dikaitkan dengan stimulus yang menghasilkan respons alami, maka stimulus netral tersebut akan mampu memunculkan respons yang sama."* (Pavlov, 1927).

2. John B. Watson (1878–1958) – Behaviorisme Radikal

Watson adalah pelopor behaviorisme yang menolak faktor internal seperti pikiran atau perasaan dalam belajar. Ia berpendapat bahwa semua perilaku adalah hasil dari kondisi lingkungan dan dapat dipelajari melalui stimulus dan respons. *"Perilaku manusia sepenuhnya dapat dijelaskan berdasarkan hubungan antara stimulus dan respons, tanpa perlu mempertimbangkan faktor mental atau kesadaran."* (Watson, 1913).

3. B.F. Skinner (1904–1990) – *Operant Conditioning*

Skinner mengembangkan konsep kondisioning operan, yang menekankan pentingnya penguatan dalam belajar. Ia menyatakan bahwa perilaku yang diikuti oleh konsekuensi yang menyenangkan akan diperkuat, sedangkan perilaku yang diikuti oleh konsekuensi negatif akan melemah. *"Perilaku yang diperkuat dengan konsekuensi positif akan cenderung diulang, sedangkan perilaku yang diberi konsekuensi negatif akan melemah atau bahkan hilang."* (Skinner, 1953).

4. Edward Thorndike (1874–1949) – Hukum Efek (*Law of Effect*)

Thorndike mengembangkan prinsip hukum efek, yang menyatakan bahwa respons yang menghasilkan hasil yang menyenangkan cenderung diulang, sedangkan respons yang menghasilkan hasil yang tidak menyenangkan cenderung dihindari. *"Jika suatu respons terhadap stimulus menghasilkan efek yang menyenangkan, maka hubungan antara stimulus dan respons tersebut akan semakin kuat dan lebih mungkin untuk diulang di masa depan."* (Thorndike, 1911). Teori Throndike disebut juga dengan teori koneksionisme (*Connectionism*). Menurut Throndike belajar merupakan proses pembentukan koneksi-koneksi antara stimulus dan

respon. Stimulus adalah apa yang merangsang terjadinya kegiatan belajar seperti pikiran, perasaan atau hal-hal lain yang dapat ditangkap melalui alat indera. Respon adalah reaksi yang dimunculkan peserta didik ketika belajar, juga dapat berupa pikiran, perasaan, gerakan atau tindakan.

Thorndike mengemukakan bahwa terjadinya asosiasi antara stimulus dan respon ini mengikuti hukum-hukum berikut: (Muh. Hizbul Muflihin, 2009)

1) Hukum kesiapan (*law of readiness*), yaitu semakin siap suatu organisme memperoleh suatu perubahan tingkah laku, maka pelaksanaan tingkah laku tersebut akan menimbulkan kepuasan individu sehingga asosiasi cenderung diperkuat.
2) Hukum latihan *(law of exercise),* yaitu semakin sering suatu tingkah laku diulang/dilatih (digunakan), maka asosiasi tersebut akan semakin kuat.
3) Hukum akibat *(law of effect),* yaitu hubungan stimulus respon cenderung diperkuat bila akibatnya menyenangkan dan cenderung diperlemah jika akibatnya tidak memuaskan.

Menurut teori behaviorisme, belajar adalah perubahan tingkah laku sebagai akibat dari adanya interaksi antara stimulus dan respon (Amsari, 2018). Seseorang dikatakan telah belajar sesuatu apabila ia mampu menunjukan perubahan pada tingkah lakunya, apabila dia belum menunjukkan perubahan tingkah laku maka belum dikatakan bahwa ia telah melakukan proses belajar. Teori ini sangat mementingkan adanya input yang berupa stimulus dan output yang berupa respons (Yaumi, 2018). Pandangan teori behaviorisme menekankan pentingnya stimulus dengan respon yang bisa membantu siswa dalam meningkatkan keberhasilan siswa dalam belajar (Patey *et al*., 2018)

2.1.2 Teori Belajar Kognitivisme

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kognitif berarti segala sesuatu yang berhubungan atau melibatkan kognisi, atau berdasarkan pengetahuan faktual yang empiris.

Tokoh-tokoh utama dalam teori belajar kognitif

1. Lev Vygotsky

Lev Vygotsky mengembangkan teori belajar kognitif yang menekankan peran interaksi sosial dan budaya dalam perkembangan kognitif seseorang. Menurutnya, anak-anak belajar melalui mediasi sosial, di mana mereka memperoleh pemahaman baru dengan bantuan orang yang lebih berpengalaman, seperti guru, orang tua, atau teman sebaya. Salah satu konsep utama dalam teorinya adalah Zona Proksimal Perkembangan (ZPD), yaitu jarak antara kemampuan anak saat ini dan potensi maksimalnya yang dapat dicapai dengan bimbingan. Dalam proses belajar, guru atau pendamping memberikan *scaffolding*, yaitu dukungan bertahap yang membantu anak mencapai pemahaman yang lebih tinggi secara mandiri. Selain itu, Vygotsky menekankan bahwa bahasa memiliki peran penting dalam perkembangan kognitif, baik sebagai alat komunikasi sosial maupun sebagai sarana berpikir individu. Ia juga berpendapat bahwa pembelajaran yang efektif terjadi dalam lingkungan sosial di mana anak dapat berinteraksi dan berkolaborasi dengan individu yang lebih berpengetahuan. Pemikirannya ini dituangkan dalam karya *"Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes"* (1978), di mana ia menyatakan bahwa “Apa yang dapat dilakukan seorang anak dengan bantuan hari ini, ia akan mampu melakukannya sendiri besok” (Vygotsky, 1978).

2. Jean Piaget

Menurut Piaget (1952), perkembangan kognitif anak berlangsung melalui empat tahap utama, yaitu sensorimotor, praoperasional, operasional konkret, dan operasional formal. Pada tahap sensorimotor (0-2 tahun), anak belajar melalui pengalaman langsung dengan lingkungan menggunakan indera dan gerakan fisik, serta mulai memahami konsep kekekalan objek. Selanjutnya, pada tahap praoperasional (2-7 tahun), anak mulai menggunakan bahasa dan simbol untuk berpikir, namun pemikirannya masih egosentris dan belum memahami konsep logis seperti konservasi jumlah. Memasuki tahap operasional konkret (7-11 tahun), anak mulai mampu berpikir secara logis tentang objek konkret, memahami konsep konservasi, serta dapat mengelompokkan benda berdasarkan

karakteristiknya. Pada tahap operasional formal (11 tahun ke atas), anak mulai berpikir secara abstrak, logis, dan sistematis, mampu memahami hipotesis, serta memecahkan masalah secara ilmiah. Selain itu, pada tahap ini, anak juga mulai memahami konsep-konsep moral, keadilan, dan etika dengan lebih mendalam, yang berkontribusi pada perkembangan karakter dan kedewasaan berpikir mereka (Piaget, 1952).

3. Jerome Bruner

Teori belajar kognitif Jerome Bruner adalah salah satu teori yang menekankan peran proses mental aktif dalam pembelajaran, khususnya bagaimana seseorang mengkonstruksi pengetahuan secara bertahap. Bruner percaya bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa terlibat secara aktif dalam menemukan konsep dan membangun pengetahuan mereka sendiri.

Salah satu pokok penting dalam teori belajar Jerome Bruner adalah konsep *modes of representation* atau cara representasi pengetahuan. Bruner (1966) menyatakan bahwa pengetahuan dapat direpresentasikan melalui tiga tahapan, yaitu enaktif, ikonik, dan simbolik. Representasi enaktif terjadi pada usia sekitar 0–1 tahun, di mana pengetahuan diperoleh melalui tindakan langsung atau manipulasi fisik terhadap objek. Misalnya, seorang anak mengenal bentuk lingkaran dengan memegang dan memainkan bola. Tahapan selanjutnya adalah ikonik, yang berkembang pada usia 1–6 tahun. Pada tahap ini, pengetahuan disimpan dan diolah melalui bentuk gambar atau visualisasi mental; contohnya, anak mengenali bentuk lingkaran melalui gambar atau simbol visual. Tahap terakhir adalah simbolik, yang berkembang mulai usia 7 tahun ke atas, di mana pengetahuan direpresentasikan dalam bentuk simbol-simbol abstrak seperti bahasa atau angka. Misalnya, anak memahami kata “lingkaran” sebagai representasi simbolik dari bentuk tersebut. Bruner (1966) meyakini bahwa ketiga bentuk representasi ini berkembang secara bertahap, namun tetap dapat digunakan secara bersamaan dalam proses pembelajaran yang efektif.

4. David Ausubel

David Ausubel, salah satu tokoh utama dalam teori belajar kognitif yang menekankan pembelajaran bermakna (*meaningful learning*). David Ausubel mengemukakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif jika informasi baru dihubungkan dengan pengetahuan yang telah dimiliki siswa sebelumnya. Ia menolak pendekatan hafalan (rote learning) dan menekankan pentingnya pembelajaran bermakna, di mana siswa benar-benar memahami dan mengaitkan informasi baru dengan struktur kognitif yang telah ada.

David Ausubel (1968) membedakan pembelajaran berdasarkan dua aspek utama, yaitu cara belajar dan cara penyajian informasi. Berdasarkan cara belajarnya, Ausubel membedakan antara belajar hafalan (*rote learning*) dan belajar bermakna (*meaningful learning*). Dalam belajar hafalan, informasi diterima siswa tanpa pemahaman yang mendalam dan tidak dikaitkan dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Sebaliknya, dalam belajar bermakna, informasi baru dihubungkan secara logis dan relevan dengan konsep-konsep yang sudah dipahami oleh siswa, sehingga lebih mudah diingat dan diterapkan. Sementara itu, berdasarkan cara penyajiannya, Ausubel membedakan antara belajar penerimaan (*reception learning*) dan belajar penemuan (*discovery learning*). Dalam belajar penerimaan, informasi disajikan langsung kepada siswa secara sistematis oleh guru, sedangkan dalam belajar penemuan, siswa diharapkan menemukan sendiri konsep-konsep melalui proses eksplorasi dan pengalaman. Menurut Ausubel (1968), pembelajaran yang paling efisien dalam pendidikan formal adalah belajar bermakna melalui penyajian langsung (*meaningful reception learning*), karena cara ini memungkinkan siswa memperoleh pemahaman mendalam dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Teori belajar kognitif memiliki perspektif bahwa para peserta didik memproses infromasi dan pelajaran melalui upayanya mengorganisir, menyimpan, dan kemudian menemukan hubungan antara pengetahuan yang baru dengan pengetahuan yang telah ada. Model ini menekankan pada bagaimana informasi diproses. Dalam teori kognitif, tingkah laku seseorang ditentukan oleh persepsi

dan pemahamannya tentang situasi yang berhubungan dengan tujuan (Sutarto, 2017). Teori belajar kognitif merupakan suatu teori belajar yang lebih mementingkan proses belajar dari pada hasil belajar itu sendiri. Perubahan tingkah laku seseorang sangat dipengaruhi oleh proses belajar dan berfikir internal yang terjadi selama proses belajar.

Karakteristik teori belajar kognitif :

a. Belajar adalah proses mental bukan behavioral.

b. Siswa aktif sebagai penyalur.

c. Siswa belajar secara individu dengan pola deduktif dan induktif.

d. Instrinsik motivation, sehingga tidak perlu stimulus.

e. Siswa sebagai pelaku untuk menuntun penemuan.

f. Guru memfasilitasi terjadinya proses insight.

2.1.3 Teori Belajar Kontruktivisme

Teori Belajar Konstruktivisme adalah pendekatan dalam pembelajaran yang menyatakan bahwa pengetahuan tidak dipindahkan dari guru ke siswa secara langsung, melainkan dibangun sendiri oleh siswa berdasarkan pengalaman dan interaksi mereka dengan lingkungan. Menurut Piaget, belajar adalah proses aktif di mana anak membangun sendiri pengetahuannya melalui interaksi dengan lingkungan. Proses ini terjadi melalui dua mekanisme utama:

1. Asimilasi

Asimilasi adalah proses mengintegrasikan informasi baru ke dalam skema (struktur pengetahuan) yang sudah ada.

2. Akomodasi

Akomodasi adalah proses mengubah atau menyesuaikan skema yang sudah ada agar sesuai dengan informasi baru yang tidak dapat sepenuhnya dijelaskan dengan skema lama.

3. Equilibrium (Keseimbangan)

Piaget juga memperkenalkan konsep equilibration, yaitu proses pencarian keseimbangan antara asimilasi dan akomodasi. Ketika anak mengalami disequilibrium (ketidakseimbangan karena informasi baru tidak sesuai dengan

skema lama), mereka terdorong untuk menyesuaikan pemahamannya agar kembali seimbang.

Teori pembelajaran konstruktivisme mengharuskan untuk belajar di lingkungan nyata dan perlunya adanya upaya untuk menarik kepada pengalaman siswa sehari-hari (Hamid *et al*., 2019). Seseorang harus mengkontruksi pengetahuan itu dan memberi makna melalui pengalaman nyata. Menurut teori belajar konstruktivisme pengetahuan tidak bisa dipindahkan begitu saja dari guru kepada murid. Artinya, peserta didik harus aktif secara mental membangun struktur pengetahannya berdasarkan kematangan kognitif yang dimilikinya (Masgumelar & Mustafa, 2021).

Dengan teori konstruktivisme siswa dapat berfikir untuk menyelesaikan masalah, mencari ide dan membuat keputusan. Siswa akan lebih paham karena mereka terlibat langsung dalam mebina pengetahuan baru, mereka akan lebih paham dan mampu mengapliklasikannya dalam semua situasi. Selain itu siswa terlibat secara langsung dengan aktif, mereka akan ingat lebih lama semua konsep. Menurut kaum konstruktivis, belajar merupakan proses aktif siswa mengkostruksi pengetahuan. Proses tersebut dicirikan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Belajar berarti membentuk makna. Makna diciptakan siswa dari apa yang mereka lihat, dengar, rasakan, dan alami. Konstruksi makna ini dipengaruhi oleh pengertian yang telah ia punyai.
2. Konstruksi makna merupakan suatu proses yang berlangsung terusmenerus seumur hidup.
3. Belajar bukan kegiatan mengumpulkan fakta melainkan lebih berorientasi pada pengembangan berpikir dan pemikiran dengan cara membentuk pengertian yang baru. Belajar bukanlah hasil dari perkembangan melainkan perkembangan itu sendiri. Suatu perkembangan yang menuntun penemuan dan pengaturan kembali pemikiran seseorang.
4. Proses belajar yang sebenarnya terjadi pada waktu seseorang dalam keraguan yang merangsang pemikiran lebih lanjut. Situasi disekuilibrium merupakan situasi yang baik untuk belajar.

5. Hasil belajar dipengaruhi oleh pengalaman belajar dengan dunia fisik dan lingkungan siswa.
6. Hasil belajar siswa tergantung pada apa yang sudah diketahuinya.

Tabel 1. Perbandingan Tiga Teori Belajar

Aspek	Teori Belajar		
	Behavioris	Kognitif	Konstruktivis
Definisi Belajar	Perubahan perilaku sebagai akibat dari interaksi antara stimulus dan respons	Perubahan dalam pengetahuan yang tersimpan di dalam memori	Perubahan dalam makna yang dikonstruksi melalui pengalaman
Proses Belajar	Anteseden → Perilaku → Konsekuensi	Perhatian → Pengodean → Mengingat informasi dari memori	Proses pengalaman yang terus-menerus dan refleksi yang dilakukan dalam kelompok
Peran Pendidik (Guru, Dosen, Instruktur)	• Merumuskan tujuan • Mengarahkan perilaku dengan contoh-contoh	• Mengorganisasi informasi baru • Menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sudah ada • Menggunakan berbagai perhatian, pengodean, dan contoh-contoh	• Mempersiapkan kesempatan untuk menyelesaikan masalah yang realistik dan bermakna, serta merefleksikan pengalaman •

			Mempersiapkan kegiatan belajar kelompok •Mengarahkan dan mencontohkan proses mengonstruksi makna dalam konteks saling menyelesaikan masalah
Peran peserta didik	Merespons contoh-contoh	Melakukan sintesis informasi secara aktif	Mengeksplorasi seperti seorang ilmuwan
Peran teknologi	Mengorganisasi berbagai macam bahan (teks, audio, video) dan latihan-latihan ke dalam program pembelajaran	Membantu peserta didik mengorganisasi informasi baru, menghubungkannya dengan pengetahuan yang sudah ada, dan mengode ke dalam memori	•Memfasilitasi komunikasi kolaboratif antara peserta didik, instruktur, dan ahli lainnya • Mempersiapkan berbagai lingkungan yang kompleks, realistik, dan aman.

(Sumber : Yaumi, 2018)

2.2 Multimedia Pembelajaran Interaktif

2.2.1 Pengertian Multimedia

Media (singular *medium*) berasal dari bahasa latin yang berarti *antara* atau *perantara*, yang merujuk pada sesuatu yang dapat menghubungkan informasi *antara* sumber dan penerima informasi (Yaumi, 2018). Media dalam proses pembelajaran merujuk pada perantara sumber pesan berupa materi pembelajaran dari pengirim pesan yaitu pemberi materi pembelajaran kepada penerima pesan sehingga dapat menimbulkan hasrat perasaan, pikiran, perhatian, dan kemauan untuk belajar. Media pembelajaran merupakan bagian integral dalam sistem pembelajaran, sehingga media yang digunakan dalam pembelajaran haruslah mengikuti kemajuan teknologi dan informasi, dengan demikian siswa dapat memiliki keterampilan pada zamannya (Arikunto, 2021).

Fungsi dan manfaat media pembelajaran adalah memudahkan guru dalam proses pembelajaran yang memungkinkan terjadinya pengalaman belajar pada diri siswa dengan menggerakkan segala sumber belajar yang efektif dan efisien. Media yang ditampilkan diharapkan membuat siswa merasa tertarik terhadap materi yang diajarkan sehingga proses pembelajaran tidak terkesan membosankan (Andriyani *et al*., 2020) .

Secara sederhana, Multimedia berarti "*multiple media*" or "*a combination of media* (Helena & Yulianto, 2019). *The media can be still graphics and photographs, sound, motion video, animation, and/or text items combined in a product whose purpose is to communicate information in multiple ways* (Roblyer & Doering, 2010). Dengan demikian, menurut Robblyer & Doering media dapat berupa gambar diam dan foto, suara, video gerak, animasi, dan/atau teks yang digabungkan dalam suatu produk yang tujuannya adalah untuk mengkomunikasikan informasi dalam berbagai cara.

Pembelajaran multimedia didefinisikan dalam literatur sebagai pembelajaran melalui saluran visual dan audio (Chiu & Churchill, 2016). Sedangkan multimedia pembelajaran interaktif adalah tampilan multimedia yang dirancang untuk proses

belajar mandiri yang menampilkan fungsi menginformasikan pesan dan memiliki interaktivitas kepada pengguna sehingga siswa diberikan keleluasaan dalam mengoperasikan media pembelajarannya. Selain itu multimedia interaktif dapat diartikan sebagai media pembelajaran yang terdiri dari gabungan video, audio dan gambar ataupun memakai animasi yang memungkinkan pemakainya untuk berinteraksi dan berkomunikasi (Astuti *et al*., 2017 ; Marjuni & Harun, 2019 ; Husein *et al*., 2019).

Media pembelajaran interaktif merupakan alat untuk menunjang kegiatan pembelajaran. Alat tersebut dikatakan interaktif karena dapat dioperasikan sesuai dengan kehendak pengguna dan timbul *feedback* antara pengguna dan media (Maulidta & Sukartiningsih, 2018) . Secara garis besar multimedia pembelajaran interaktif berarti suatu pembelajaran yang menggunakan komputer sebagai media dalam menyampaikan materi dengan menggabungkan teks, gambar, grafik, suara, animasi, dan video, serta dalam menyajikannya, siswa berinteraksi langsung dengan komputer untuk mendapatkan respon yang diinginkan (Andriyani *et al*., 2020).

Secara umum sebuah Multimedia Pembelaran Interaktif (MPI) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Memiliki lebih dari satu jenis media yang konvergen, misalnya menggabungkan unsur audio dan visual. Untuk dapat dikatakan sebagai MPI, setidaknya dalam program atau aplikasi tersebut menyajikan dua jenis media.
2. Bersifat interaktif, yang berarti memiliki kemampuan untuk mengakomodasi respon pengguna atau siswa. Kegiatan mengakomodasi respon ini terdiri dari kontrol pengguna untuk mengoperasikan MPI serta respon *(feedback)* dari program.
3. Bersifat mandiri, memberikan kemudahan dan kelengkapan isi sehingga pengguna bisa menggunakannya tanpa harus dibimbing orang lain. Pada praktiknya dalam pembelajaran, MPI perlu dirancang bersifat mandiri agar siswa dapat belajar secara lebih leluasa. Karakteristik MPI juga dapat ditunjang dari segi fungsi yang diperankannya untuk mendukung proses

pembelajaran. Untuk menghasilkan MPI yang mampu mendukung proses pembelajaran, menurut (Munir, 2013) sebaiknya MPI memenuhi fungsi sebagai berikut:

1. Mampu memperkuat respon pengguna secepatnya dan sesering mungkin.
2. Mampu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengontrol laju kecepatan belajarnya sendiri.
3. Memperhatikan bahwa peserta didik mengikuti suatu urutan yang koheren dan terkendalikan.

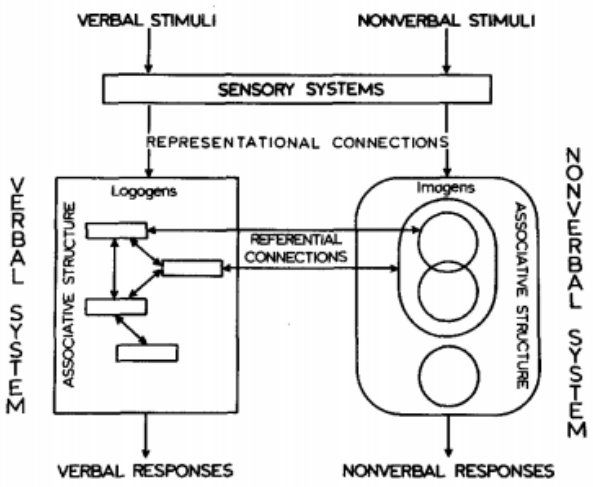
2.2.2 Teori Multimedia

1. *Dual Coding Theory*

Dual coding theory merupakan salah satu cara yang dapat membantu seseorang untuk mempermudah dalam membentuk memori. Menurut (Clark & Paivio, 1991), manusia memiliki sistem memori kerja yang terpisah untuk informasi verbal dan informasi visual (non verbal *image*). Ada dua buah saluran/*channel* pemrosesan informasi yang *independent,* yaitu pemrosesan informasi visual (atau memori kerja visual) seperti diagram, gambar, dan animasi serta pemrosesan informasi verbal (atau memori kerja verbal) seperti teks dan suara. Kedua saluran ini dapat berfungsi baik secara *independent*, secara paralel, atau juga secara terpadu bersamaan. Kedua *channel* informasi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. *Channel* verbal memroses informasi secara berurutan sedangkan channel nonverbal memroses informasi secara bersamaan (sinkron) atau paralel.

Aktivitas berpikir dimulai ketika sistem *sensory memory* menerima rangsangan dari lingkungan, baik berupa rangsangan verbal maupun rangsangan nonverbal. Hubungan-hubungan representatif (*representational connection*) terbentuk untuk menemukan *channel* yang sesuai dengan rangsangan yang diterima.
Dalam *channel* verbal, representasi dibentuk secara urut dan logis, sedangkan dalam *channel* nonverbal, representasi dibentuk secara holistik. Sebagai contoh, mata, hidung, dan mulut dapat dipandang secara terpisah, tetapi dapat juga

dipandang sebagai bagian dari wajah. Representasi informasi yang diproses melalui *channel* verbal disebut logogen sedangkan representasi informasi yang diproses melalui *channel* nonverbal disebut imagen.



Gambar 1. *Verbal and nonverbal symbolic systems of Dual Coding Theory*

Paivio (1986) menyatakan: “Kognisi manusia adalah unik karena telah terspesialisasi untuk menangani bahasa dan objek serta peristiwa nonverbal secara bersamaan. Selain itu, sistem bahasa bersifat khusus karena berhubungan langsung dengan masukan dan keluaran linguistik (dalam bentuk ucapan atau tulisan) dan pada saat yang sama juga menjalankan fungsi simbolik sehubungan dengan objek, peristiwa, dan perilaku nonverbal. Teori ini mengasumsikan bahwa ada dua subsistem kognitif, satu subsistem khusus untuk representasi dan pemrosesan objek/peristiwa nonverbal (misalnya pencitraan), dan subsistem lainnya khusus untuk berhubungan dengan bahasa.

Inti dari *dual coding theory* terletak pada upaya untuk mendorong pembelajaran dan memperluas materi pembelajaran melalui asosiasi verbal dan gambaran visual. Jika informasi verbal yang ditampilkan sesuai dengan visualisasinya, maka informasi tersebut akan lebih mudah untuk diingat kembali (Hockley, 2008).

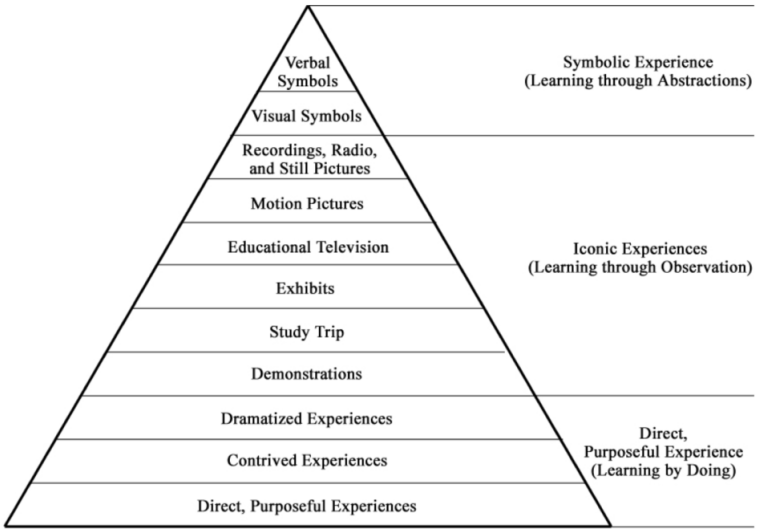
Penerapan *dual coding theory* dalam pengembangan multimedia penting karena memanfaatkan karakteristik pemrosesan informasi verbal dan visual manusia untuk memudahkan pembelajaran dan memori. Dengan memadukan elemen

verbal dan visual yang sesuai, multimedia dapat menjadi alat yang efektif dalam menyampaikan informasi dan memfasilitasi proses belajar.

2. Kerucut Pengalaman Edgar Dale

Pada edisi pertama *Metode Audiovisual dalam Pengajaran*, Dale (1946) memperluas konsep Dewey tentang kesinambungan pembelajaran melalui pengalaman dengan mengembangkan "Kerucut Pengalaman" yang menghubungkan kontinum konkrit ke abstrak dengan pilihan media audiovisual. Teori *cone of experience* atau kerucut pengalaman adalah usaha awal Dale dalam mendasari keterkaitan antara teori belajar dengan komunikasi audiovisual (Nasrullah et al., 2021). Teori ini menjelaskan media yang berkiatan dengan pengalaman belajar dari yang paling konkrit ke yang paling abstrak. Teori *cone of experience* sampai saat ini masih menjadi salah satu gambaran yang digunakan sebagai dasar teori penggunaan media dalam kegiatan belajar.

Dalam edisi terakhir *Audiovisual Methods in Teaching* (1969), Dale mengintegrasikan tiga mode pembelajaran Bruner (1966) ke dalam *cone* dengan mengkategorikan pengalaman belajar ke dalam tiga mode: enaktif (yaitu, belajar sambil melakukan), ikonik (yaitu, belajar melalui observasi), dan pengalaman simbolik (yaitu belajar melalui abstraksi).



Gambar 2. Kerucut Pengalaman Dale

Awalnya Dale (1946) menyebutkan kategori pengalaman sebagai berikut:(1) pengalaman langsung, pengalaman yang disengaja, (2) pengalaman yang dibuat-buat, (3) partisipasi dramatis, (4) demonstrasi, (5) kunjungan lapangan, (6) pameran, (7) gambar bergerak, (8) rekaman radio, gambar diam (audio dengan visual gambar) (9) simbol visual, (10) simbol verbal. Dale mengklaim bahwa klasifikasinya sederhana dan berkualitas

Dalam pergerakan menuju puncak Kerucut dari pengalaman langsung dan penuh tujuan ke simbol-simbol verbal, tingkat abstraksi secara bertahap meningkat. Kerucut pengalaman Edgar Dale menunjukkan pengalaman yang diperoleh dalam menggunakan media dari paling konkret (di bagian paling bawah) hingga paling abstrak (di bagian paling atas) (Sari, 2019).

Dale (1969) menjelaskan bahwa dasar kerucut yang luas menggambarkan pentingnya pengalaman langsung untuk komunikasi dan pembelajaran yang efektif. Khususnya bagi anak usia dini, pengalaman nyata dan konkrit diperlukan untuk memberikan landasan bagi pembelajaran permanen mereka. Sebaliknya, di bagian atas kerucut, simbol-simbol verbal (yaitu kata-kata) dan pesan-pesan sangat abstrak. Kesimpulannya adalah Dale dengan teori kerucut pengalaman merupakan elaborasi yang rinci dari konsep tiga tingkatan Bruner bahwa bahwa semakin nyata objek yang dipelajari, maka semakin konkret pengetahuan yang diperoleh siswa dan semakin tidak langsung pengetahuan diperoleh, maka semakin abstrak pengetahuan siswa.

Pentingnya sejarah Dale's Cone terletak pada upayanya untuk menghubungkan media dengan teori psikologi (Seels, 1997) dan Dale's Cone telah membentuk berbagai pedoman pemilihan media sejak saat itu. Dale (1969) menggambarkan pembelajaran sebagai “proses organik beruas empat” yang terdiri dari kebutuhan, pengalaman, penggabungan pengalaman, dan penggunaannya. Untuk mendorong pembelajaran permanen, Dale menegaskan bahwa guru harus membantu siswa mengidentifikasi kebutuhan belajar mereka dan menetapkan tujuan pembelajaran yang jelas terkait dengan kebutuhan mereka. Pengalaman belajar harus bermakna secara pribadi sehubungan dengan latar belakang dan tahap perkembangan siswa,

dan sifat pengalaman tersebut harus diatur secara logis untuk membantu siswa menggabungkan pengetahuan baru dengan apa yang telah mereka miliki. Nantinya, siswa harus mempunyai kesempatan untuk berlatih dan mencoba pengetahuan barunya dalam kehidupan nyata maupun dalam konteks pembelajaran. Mengalami suatu peristiwa berarti menjalaninya, berpartisipasi di dalamnya, menggabungkannya, dan terus menggunakannya. Mengalami berarti menguji, mencoba. Artinya menjadi partisipan yang peduli, bukan pengamat yang setengah penuh perhatian Dale (1972).

Dalam perspektif Dale (1972), sebagian besar siswa di sekolah tidak belajar bagaimana berpikir, menemukan, dan memecahkan masalah nyata. Sebaliknya, siswa dipaksa untuk menghafal fakta dan pengetahuan di sebagian besar sekolah, dan akibatnya, pengetahuan apa pun yang mereka peroleh tidak ada dalam kehidupan nyata mereka. Oleh karena itu, ia berpendapat bahwa untuk meningkatkan kualitas lingkungan pembelajaran pendidikan harus memiliki pendekatan revolusioner. Untuk membangun lingkungan belajar yang kaya akan pengalaman, Dale menganjurkan pengembangan materi dan metode pengajaran baru. Dale mempromosikan potensi materi audiovisual, Dale percaya bahwa materi tersebut dapat memberikan pengalaman yang jelas dan berkesan serta memperluasnya terlepas dari keterbatasan waktu dan ruang.

Menurut Dale (1969) melalui penggunaan radio, rekaman audio, televisi, rekaman video, lukisan, gambar garis, film, foto, model, pameran, poster, kita dapat membawa dunia ke dalam kelas. Kita dapat menghidupkan masa lalu dengan merekonstruksinya atau menggunakan catatan masa lalu. Masuknya pengaruh dari teknologi audio, lahirlah peraga audio visual yang menekankan penggunaan pengalaman konkret untuk menghindari verbalisme (Miftah, 2022).

Dale menyimpulkan bahwa materi audiovisual dapat memberikan landasan konkrit untuk mempelajari konsep, meningkatkan motivasi siswa, mendorong partisipasi aktif, memberikan penguatan yang diperlukan, memperluas pengalaman siswa dan meningkatkan efektivitas materi lainnya.

Pengaruh teknologi audiovisual, menurut Dale, telah menciptakan peraga audiovisual yang menekankan penggunaan pengalaman konkret dalam pembelajaran untuk menghindari ketergantungan pada verbalisme. Pemahaman ini menyoroti visi Dale tentang pentingnya pengalaman langsung dalam menciptakan pemahaman yang lebih dalam dan relevan. Kontribusi Edgar Dale terhadap pendidikan, terutama dalam penggunaan media audiovisual, memiliki dampak yang signifikan dalam membentuk pendekatan pembelajaran yang berfokus pada pengalaman langsung, penggunaan media secara efektif, dan pengembangan metode pengajaran yang inovatif. Pendekatan Dale menekankan perlunya memperluas pengalaman belajar siswa melalui penggunaan media audiovisual, sehingga memberikan landasan yang kuat untuk pemahaman yang mendalam dan berkelanjutan.

3. Prinsip Pengembangan Multimedia

Untuk memperoleh multimedia yang dapat meningkatkan pemahaman siswa dan memiliki kualitas tampilan yang baik maka desain pesan multimedia perlu dipadukan dengan prinsip-prinsip desain multimedia. Mayer (2009) menyebutkan 10 prinsip desain multimedia untuk dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan belajar siswa, yaitu:

1. Prinsip multimedia
   Siswa dapat belajar lebih baik dari kata-kata dan gambar-gambar daripada hanya kata-kata saja.
2. Prinisip kesinambungan spasial
   Siswa dapat belajar lebih baik saat kata-kata dan gambar-gambar terkait disajikan secara berdekatan daripada saat disajikan saling berjauhan dalam halaman atau layar slide.
3. Prinisip kesinambungan waktu
   Siswa dapat belajar lebih baik ketika kata dan gambar terkait disajikan secara simultan dibandingkan apabila disajikan bergantian atau setelahnya. Untuk meningkatkan pemahaman siswa, gambar dan teks/kata sebaiknya disajikan secara bersamaan dalam *on-screen* bukan bergantian sebab jika disajikan secara bergantian dapat menyebabkan terjadi kesalahan dalam memproses

informasi yaitu hubungan mental antara representasi verbal dan representasi visual tidak terjadi.

4. Prinsip koherensi
   Siswa dapat belajar lebih baik ketika kata-kata, gambar, suara, video, animasi yang tidak perlu dan tidak relevan tidak digunakan. Unsur-unsur tambahan yang tidak perlu sebaiknya dihilangkan dalam tampilan *onscreen,* karena unsur tambahan tersebut akan mengalihkan perhatian siswa dari materi yang penting, dapat menggangu proses penataan materi, dan dapat menggiring siswa pada materi yang tidak sesuai dengan tujuan pembelajaran.
5. Prinsip modalitas
   Siswa belajar lebih baik dari animasi/video plus narasi, daripada animasi/video plus teks pada layar.
6. Prinsip redundansi
   Siswa belajar lebih baik dari animasi/video plus narasi, daripada animasi/video, narasi plus teks pada layar (redundan).
7. Prinsip Personalisasi
   Siswa belajar lebih baik dari teks atau narasi yang bersifat komunikatif (*conversational*) daripada kalimat yang lebih bersifat formal.
8. Prinsip interaktifitas
   Siswa belajar lebih baik ketika ia dapat mengendalikan sendiri apa yang sedang dipelajarinya (manipulatif) simulasi, *game, branching*.
9. Prinisip *Signal – Cue*
   Siswa belajar lebih baik ketika kata-kata, diikuti dengan *cue, highlight*, penekanan yang relevan terhadap apa yang disajikan.
10. Prinsip Perbedaan Individual
    Pengaruh desain lebih kuat bagi murid-murid berpengetahuan rendah daripada berpengetahuan tinggi, dan bagi murid-murid dengan kemampuan spatial tinggi daripada spatial rendah.

2.3 Android

Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif dilakukan dengan menggunakan berbagai software dan aplikasi. Salah satu aplikasi yang sedang

berkembang yaitu aplikasi android (Tabrani *et al*., 2021). Multimedia pembelajaran berbasis android merupakan salah satu pengembangan dari *Mobile learning (M-learning).* Kehadiran mobile learning ditujukan sebagai pelengkap pembelajaran serta memberikan kesempatan pada siswa untuk mempelajari materi yang kurang dikuasai dimanapun dan kapanpun/ fleksibilitas dalam waktu dan tempat belajar (Warsita, 2010).

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat bergerak layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet (Mewengkang, *et al*., 2018). Android merupakan sistem operasi yang sangat popular karena sifat android yang lengkap (*complete platform*), android disedikan secara terbuka (*open source*), sifat android *free platform* memudahkan pengguna (Sidiq& Najuah, 2020).

Produk ekstensi multimedia yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa apk sehingga dapat diinstal pada smartphone/gadget. APK merupakan sebuah ekstensi yang menjadi kependekan dari Android Package Kit, dan merupakan format berkas yang digunakan untuk memasang aplikasi Android. Cara kerjanya mirip berkas instalasi dengan format EXE yang akrab bagi pengguna Windows. Ekstensi exe digunakan untuk komputer/laptop, jadi jika ada software atau sebuah program dengan exe berarti program software ini hanya dapat diinstal pada PC/laptop. Sedangkan ekstensi sebuah software/program dengan nama apk berarti software/program tersebut hanya dapat diinstal pada *smartphone*/android. APK pada dasarnya berupa *compress* file seperti zip file, karena berisi dari kumpulan file. APK dapat diperoleh melalui berbagai metode, seperti menginstall sebuah aplikasi melalui *Play Store*, download dari sebuah situs web kemudian diinstall secara manual, atau membuat dan mengembangkan sendiri dengan bahasa yang sebagian besar berbasis Java.

Dalam penelitian ini aplikasi yang digunakan untuk membuat aplikasi android adalah Smart Apps Creator (SAC). SAC adalah salah satu software yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi berbasis ios dan android yang dapat dirancang

tanpa kode pemrograman serta dapat juga dibuat dengan format HTML5 dan .exe. (Widiastika, *et. al*., 2021). Dengan Smart Apps Creator (SAC) memungkinkan pengguna, termasuk guru sekolah, untuk membuat aplikasi multimedia interaktif tanpa perlu pemrograman atau pengetahuan teknis yang mendalam. SAC dirancang untuk memudahkan pembuatan aplikasi multimedia yang kreatif dan interaktif, dengan antarmuka yang intuitif dan berbagai fitur yang dapat disesuaikan. Dengan menggunakan SAC, guru dapat menggabungkan berbagai media seperti teks, gambar, video, audio, grafik, animasi, dan elemen interaktif lainnya untuk membuat aplikasi pembelajaran yang menarik dan interaktif. Aplikasi yang dibangun dengan SAC dapat dijalankan di berbagai perangkat seperti komputer, tablet, dan smartphone, sehingga memungkinkan siswa mengakses materi pembelajaran di mana saja dan kapan saja.

2.4 STEM

STEM merupakan singkatan dari *Science, technology, engineering and mathematics*. *Science* adalah studi sistematis tentang sifat dan perilaku materi dan alam semesta fisik, berdasarkan pengamatan, percobaan, dan pengukuran, dan perumusan undang-undang untuk menggambarkan fakta-fakta tersebut secara umum. *Technology* merupakan cabang pengetahuan yang berhubungan dengan penciptaan dan penggunaan sarana teknis dan keterkaitannya dengan kehidupan, masyarakat, dan lingkungan, menggambar pada mata pelajaran seperti seni industri, teknik, ilmu terapan, dan ilmu murni. *Engineering*/Teknik adalah seni atau ilmu untuk membuat aplikasi praktis dari pengetahuan ilmu murni, seperti fisika atau kimia, seperti dalam konstruksi mesin, jembatan, gedung, tambang, kapal, dan pabrik kimia. *Mathematics* adalah sekelompok ilmu terkait, termasuk aljabar, geometri, dan kalkulus, berkaitan dengan studi jumlah, kuantitas, bentuk, dan ruang dan hubungan timbal balik dengan menggunakan notasi khusus (White, 2014).

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu utama, yaitu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika ke dalam proses

pembelajaran yang bersifat kontekstual, holistik, dan aplikatif (Bybee, 2013). Integrasi ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa terhadap materi pelajaran, tetapi juga untuk menumbuhkan kemampuan berpikir lintas disiplin ilmu dalam memecahkan berbagai permasalahan nyata yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Bybee, 2013; Widya et al., 2019). Dalam pendekatan ini, siswa didorong untuk mengamati, merancang, melakukan eksperimen, mengevaluasi hasil, serta mengkomunikasikan temuan mereka secara ilmiah dan logis. Penerapan STEM cocok digunakan pada pembelajaran sains, dikarenakan pembelajaran berbasis STEM dapat melatih siswa dalam menerapkan pengetahuannya untuk membuat desain sebagai bentuk pemecahan masalah terkait lingkungan dengan memanfaatkan teknologi (Davidi at al., 2021; Astuti at al, 2023).

Tujuan utama dari pendekatan STEM adalah untuk membekali peserta didik dengan keterampilan abad ke-21, yang mencakup kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, kreativitas dan inovasi, kemampuan komunikasi yang efektif, serta kolaborasi dalam tim (Ejiwale, 2013; Batdi at al., 2019; Muttaqiin, 2023). Keterampilan ini sangat penting dalam membentuk generasi yang adaptif, kompeten, dan siap menghadapi tantangan global di era revolusi industri 4.0 maupun era society 5.0.

Selain itu, pembelajaran berbasis STEM memberikan ruang bagi siswa untuk menjadi pembelajar aktif yang terlibat langsung dalam proses investigasi dan eksplorasi terhadap isu-isu dunia nyata (Ntemngwa & Oliver, 2018). Melalui pengalaman langsung dalam kegiatan proyek atau tugas berbasis masalah, siswa diajak untuk menerapkan konsep-konsep sains dan matematika dalam merancang dan menciptakan solusi teknologi melalui pendekatan rekayasa. Pendekatan ini juga menumbuhkan rasa ingin tahu, kemampuan mengambil keputusan berdasarkan data, serta etos kerja yang kuat dalam menyelesaikan tantangan. Dengan demikian, implementasi pendekatan STEM dalam pendidikan tidak hanya memperkaya proses pembelajaran di kelas, tetapi juga membentuk karakter

peserta didik yang mandiri, inovatif, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat di sekitarnya.

Sebagai sebuah tren yang tengah digalakkan dan menjadi fokus utama dalam dunia pendidikan modern, pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) telah berkembang menjadi salah satu strategi pembelajaran yang dinilai efektif dalam menjawab berbagai tantangan dan permasalahan di dunia nyata (Bybee, 2013; Widya et al., 2019). STEM bukan sekadar pendekatan berbasis ilmu pengetahuan, tetapi juga merupakan sebuah metode pembelajaran yang menuntun siswa untuk berpikir dan bertindak layaknya seorang insinyur, ilmuwan, maupun ahli matematika dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan memecahkan masalah.

Melalui integrasi STEM, siswa tidak hanya diajak untuk memahami konsep-konsep teoritis, tetapi juga diarahkan untuk menjadi pemecah masalah yang aktif, penemu yang kreatif, dan inovator yang mampu menciptakan solusi baru yang aplikatif. Selain itu, pendekatan ini juga menumbuhkan kemandirian dalam belajar, mengasah kemampuan berpikir logis dan kritis, serta mendorong penguasaan terhadap teknologi yang terus berkembang. Dengan demikian, peserta didik diharapkan mampu menghubungkan keterampilan dan pengetahuan STEM dengan dunia kerja yang sesungguhnya, sehingga mereka siap menghadapi tantangan global di masa depan (Lin et al., 2021; Widya et al., 2019).

Lebih lanjut, penerapan pendekatan STEM dalam proses pembelajaran memberikan peluang bagi peserta didik untuk terlibat dalam kegiatan mendesain, mengembangkan, dan memanfaatkan teknologi secara langsung. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak hanya mengasah aspek kognitif melalui pemecahan masalah dan penalaran ilmiah, tetapi juga memperkuat aspek afektif seperti sikap percaya diri, kerja sama tim, serta semangat pantang menyerah. Dengan demikian, siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan yang dimiliki secara komprehensif dalam berbagai situasi, baik di lingkungan sekolah maupun dalam kehidupan nyata sehari-hari (Mulyani, 2019).

Salah satu ciri pembelajaran STEM adalah adanya *Engineering Design Process* (EDP) atau proses mendesain sebuah karya atau mesin yang digunakan untuk mengintegrasikan *Science, Technology, Engineering* dan *Mathematics*. Desain adalah bagian integral dari pemikiran siswa di dunia STEM (Ulum, 2021). Siswa dilatihkan untuk mampu menganalisis permasalahan nyata melalui pengetahuan yang sudah diperoleh serta memberikan solusi dari permasalahan dalam bentuk produk. Engineering Design Process (EDP) memiliki tahapan-tahapan yang meliputi *define, learn, plan, try, test dan decide*. Tahap *define* dan *learn* melibatkan kemampuan menganalisa, tahap *plan* dan *try* melibatkan kemampuan mencipta, tahap *test* dan *decide* melibatkan kemampuan evaluasi (Berg & Dunlap, 2017).

2.5 *Computational Thinking*

Istilah *Computational Thinking* (CT) digu nakan untuk pertama kalinya oleh Seymour Papert pada tahun 1980 dan digunakan Kembali pada tahun 1996 dalam konteks pendidikan matematika. Hal tersebut merujuk pada implementasi pemikiran procedural anak-anak melalui pemrograman komputer. CT dapat digunakan untuk memecahkan masalah pada skala yang rumit secara algoritmik, dan sering digunakan untuk mewujudkan peningkatan efisiensi yang besar (Maharani et al, 2020).

Computational thinking atau cara berpikir secara komputasi adalah sebuah kemampuan berpikir untuk menyelesaikan permasalahan secara menyeluruh, logis dan terstuktur (Wing, 2006). Wing mengklaim bahwa CT mewakili sikap dan keahlian yang dapat diterapkan secara universal oleh setiap orang yang ingin mempelajari dan menggunakan, tidak hanya ilmuwan computer *Computational thinking* merupakan proses berpikir yang diperlukan untuk merumuskan masalah dan menemukan solusinya, sehingga solusi tersebut dapat diwakili dalam bentuk yang dapat dijalankan secara efektif oleh agen pemrosesan informasi. Dua aspek yang muncul dari definisi yang dikemukakan oleh Wing:

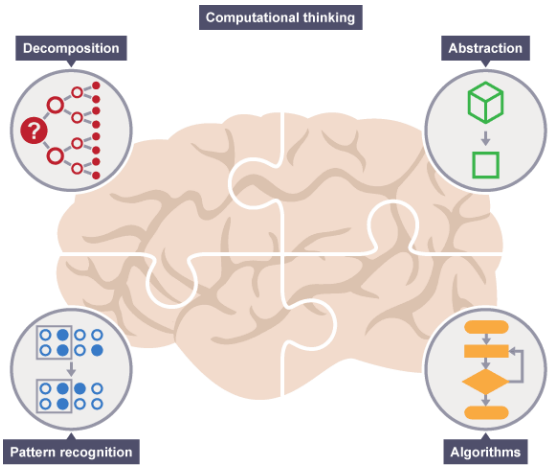
1. *Computational thingking* adalah proses berpikir, sehingga tidak bergantung pada teknologi;
2. *Computational thingking* adalah jenis pemecahan masalah khusus yang memerlukan kemampuan berbeda, misalnya mampu merancang solusi yang dapat dilaksanakan oleh komputer, manusia, atau kombinasi keduanya.

Dengan demikian *computational thinking* mempengaruhi kemampuan berpikir seseorang salah satunya dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Dewi et al., 2021). *Computational thinking is centered on five aspects: (CT1) decomposing a problem such that it is computationally solvable, (CT2) creating computational artifacts through algorithmic thinking, (CT3) generating, organizing, and interpreting data, (CT4) testing and debugging, and (CT5) making iterative refinements* (Shin *et al*., 2021).

Empat dasar *computational thinking* yaitu *Decomposition* (dekomposisi), *pattern recognition* (pengenalan pola), *abstraction* (generalisasi pola), dan *algorithms* (algoritma) (Liem, 2017). *Decomposition* (dekomposisi) adalah kemampuan untuk memecah tugas (masalah) kompleks menjadi tugas-tugas kecil yang lebih rinci, cara ini juga dikenal dengan sebutan “Membagi dan Menaklukkan” (Cansu, F. K., & Cansu, S. K., 2019). *Pattern recognition* (pengenalan pola) adalah kemampuan untuk mengenal kesamaan atau perbedaan umum yang nantinya akan membantu dalam membuat prediksi.

Abstraction (generalisasi pola atau abstraksi) adalah kemampuan menyaring informasi yang tidak dibutuhkan dan menarik generalisasi dari informasi yang dibutuhkan sehingga seseorang dapat menggunakan informasi tersebut untuk menyelesaikan masalah yang serupa. Terakhir, perancangan *Algorithms* (algoritma) adalah kemampuan untuk menyusun langkah-langkah penyelesaian masalah secara terstruktur, logis dan kritis (Williawati, 2009). *Algorithms* (algoritma) merupakan proses membangun skema langkah-langkah berurutan yang dapat diikuti untuk memberikan solusi terhadap semua masalah pokok yang diperlukan (Cansu, F. K., & Cansu, S. K., 2019). *Computational Thinking*

ditujukan untuk menyelesaikan masalah, bukan hanya untuk masalah seputar ilmu komputer, melainkan juga untuk menyelesaikan beragam masalah (Syarifuddin *et al*., 2019; Maulina, 2021).



Gambar 3. Tahapan *computational thinking* (McNicholl, 2018: p.37).

Motivasi utama untuk memperkenalkan berpikir *Computational Thinking* ke dalam ruang kelas sains dan matematika adalah sifat disiplin ilmu ini yang berubah dengan cepat dipraktikkan di dunia profesional (Bailey dan Borwein 2011; Foster 2006; Henderson et al. 2007). Selama 20 tahun terakhir, hampir setiap bidang yang terkait dengan sains dan matematika telah melihat pertumbuhan tentang komputasi. Contohnya termasuk Bioinformatika, Statistik Komputasi, Kemometri, dan Neuroinformatika. Peningkatan ini menunjukkan pentingnya komputasi sehubungan dengan matematika, sains, dan bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) yang lebih luas.

Dari perspektif pedagogis, penggunaan alat dan keterampilan komputasi yang bijaksana dapat memperdalam pembelajaran matematika dan konten sains (Guzdial, 1994; Eisenberg, 2002; Repenning et al., 2010; Sherin, 2001; Wilensky 1995; Wilensky et al., 2014; Wilensky dan Reisman 2006). Kebalikannya juga benar yaitu bahwa sains dan matematika memberikan makna konteks dan serangkaian masalah dimana *Computational Thinking* dapat diterapkan (Hambrusch et al., 2009; Jona et al., 2014; Lin et al,. 2009; Wilensky et al., 2014).

Tabel 2. Indikator *Computational Thinking* (Berpikir Komputasi)

No	Indikator *Computational Thinking*	Pengertian
1.	*Decomposition* (dekomposisi)	Memecah masalah besar menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola
2.	*Pattern recognition* (pengenalan pola)	Mengidentifikasi kesamaan atau pola diantara masalah-masalah yang berbeda
3.	*Abstraction* (abstraksi)	Menyaring detail yang tidak relevan untuk fokus pada informasi yang penting
4.	*Algorithms* (algoritma)	Membuat langkah-langkah atau aturan yang jelas untuk menyelesaikan masalah

2.6 Kerangka Berpikir

Dalam era digital dan globalisasi saat ini, teknologi informasi dan komunikasi sekarang mengalami perkembangan yang sangat pesat. Paradigma pendidikan yang dahulu bersifat konvensional, sekarang mulai bergeser menjadi pendidikan yang berbasis teknologi informasi. Sehingga proses pembelajaran di kelas juga harus disesuaikan dengan perkembangan zaman, seperti penggunaan atau pemanfaatan media.

Pemanfaatan media sebaiknya didasarkan pada desain atau rancangan pembelajaran yang akan dilaksanakan sehingga prinsip pemanfaatan perlu dikaitkan dengan kebutuhan dan karakteristik siswa. Selain itu dalam era digital ini diharapkan siswa memiliki kemampuan *computational thinking* sehingga siswa dapat menemukan konsep IPA serta dapat memecahkan permasalahan dalam belajar. Berdasarkan pernyataan ini bahwa yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran IPA adalah media pembelajaran berbasis android dan kemampuan *computational thinking* siswa. *Computational thinking* atau cara berpikir secara komputasi adalah sebuah kemampuan berpikir untuk menyelesaikan permasalahan secara menyeluruh, logis dan terstuktur. Kenyataan yang ditemukan di lapangan adalah guru belum menggunakan media pembelajaran berbasis android yang dapat memfasilitasi siswa dalam proses pembelajaran dan belum melatih kemampuan berpikir komputasi dalam pembelajaran IPA.

Fakta lain di lapangan didapatkan bahwa peserta didik belum optimal dalam memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) seperti penggunaan multimedia pembelajaran interaktif yang dikembangkan oleh pendidik sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik sehingga menyebabkan peserta didik kurang terlibat aktif dalam proses pembelajaran, lalu proses pembelajaran juga belum menggunakan pendekatan STEM sehingga peserta didik tidak dilibatkan dalam proses berpikir dalam menyelesaikan suatu masalah IPA. Pelaksanaan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor dilakukan dengan membuat multimedia berupa teks, gambar, audio, video, LKPD, *Augmented Reality*, dan soal, lalu hasil akhir berupa aplikasi android yang dapat diinstal pada *smartphone*/HP. Adapun proses STEM nya berupa membuat mobil tenaga surya, jika dijabarkan sebagai berikut :

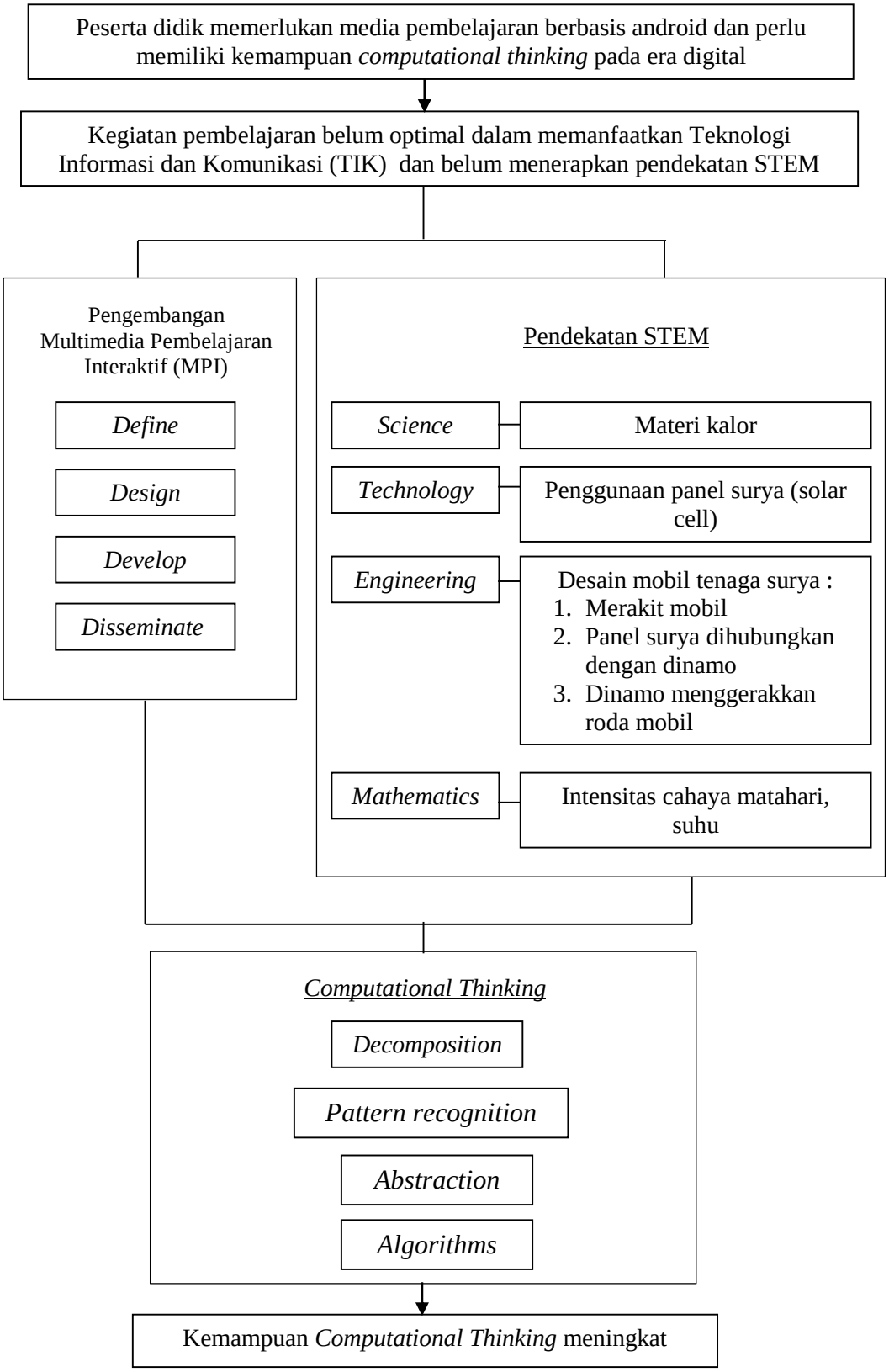
Science : Materi kalor

Technology : Penggunaan panel surya (*solar cell*)

Engineering : Mendesain mobil tenaga surya yaitu merakit mobil, lalu panel surya dihubungkan dengan dinamo, jika panel surya terkena panas matahari maka dinamo akan menggerakkan roda mobil

Mathematics : Intensitas cahaya matahari, suhu

Untuk menggali kemampuan *computational thinking* siswa yaitu dengan menggunakan LKPD dan soal yang diberikan kepada siswa. Adapun indikator keberhasilan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi *STEM* ini yaitu meningkatnya kemampuan berpikir komputasi siswa yaitu siswa mampu untuk memecah tugas (masalah) kompleks menjadi tugas-tugas kecil yang lebih rinci (*Decomposition*), mampu untuk mengenal kesamaan atau perbedaan umum yang nantinya akan membantu dalam membuat prediksi (*Pattern recognition)*, mampu menarik generalisasi dari informasi yang dibutuhkan (*Abstraction)* dan mampu untuk menyusun langkah-langkah penyelesaian masalah secara terstruktur, logis dan kritis (*Algorithms).* Secara ringkas, kerangka pemikiran digambarkan dalam bentuk skema dalam gambar 4:



Gambar 4. Skema kerangka berpikir

2.7 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah :

Ho : Multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM tidak dapat meningkatkan *Computational Thinking* siswa

H_1 : Multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dapat meningkatkan *Computational Thinking* siswa

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

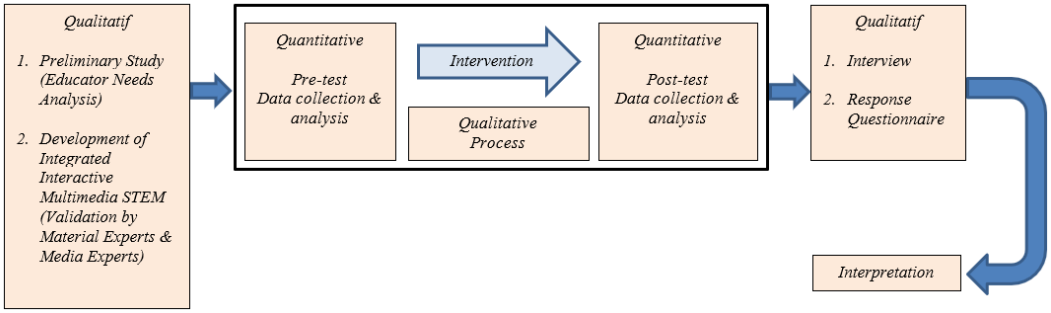
Penelitian ini dilakukan di SMP IT Insan Robbani yang terletak di Jl. Soekarno Hatta Gg. Bangau Lima Kotabumi Kabupaten Lampung Utara. Peneliti memilih kelas VII dikarenakan produk yang akan peneliti kembangkan berdasarkan materi kelas VII yaitu topik kalor. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa SMP IT Insan Robbani Kelas VII yang berjumlah 3 kelas dan akan diambil sebagai sampel 2 kelas secara *purposive sampling* yaitu memilih kelas dengan profil akademis yang sama/setara, 1 kelas sebagai kelas eksperimen dan 1 kelas lagi sebagai kelas kontrol. Jumlah siswa dalam setiap kelas yaitu 32 orang.

3.2 Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode campuran atau *mixed method* dengan desain *embedded experimental model*. *Mixed method* adalah sebuah metode penelitian yang didalamnya menggunakan kombinasi antara penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif (Creswell & Creswell, 2017). Metode penelitian kombinasi model *embedded*, merupakan metode penelitian yang mengkombinasikan pengguanaan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif secara simultan/bersama-sama (atau sebaliknya), tetapi bobot metodenya berbeda. Pada model ini ada metode yang primer dan metode sekunder. Metode primer digunakan untuk memperoleh data yang utama, dan metode sekunder digunakan untuk memperoleh data guna mendukung data yang diperoleh dari metode primer (Pane *at al.*, 2021).

Desain *embedded experimental model* dimana metode utama/*primer* dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif terjadi saat menganalisa data peningkatan

hasil belajar peserta didik serta menganalisa data respon/tanggapan peserta didik terhadap pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dan metode ikutannya/sekunder adalah metode kualitatif yang digunakan pada saat melakukan pengembangan multimedia pembelajaran interaktif yang selanjutnya akan menunjang terhadap penelitian kuantitatif (*primer*). Dalam tahapan pengembangan multimedia pembelajaran interaktif penulis menggunakkan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Menurut Sugiyono (2016), metode *Research and Development* atau penelitian pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.



Gambar 5. Langkah penelitian *mixed methods* model *concurrent embedded* (Creswell & Creswell, 2017).

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Tahap I Qualitatif

A. Studi Pendahuluan.

Pada studi pendahuluan ini, peneliti melakukan analisis kebutuhan pendidik terhadap multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dengan cara menyebar angket/kuisioner kepada guru-guru IPA yang ada di Provinsi Lampung. Peneliti menggunakan angket atau kuesioner sebagai alat pengumpulan data utama. Melalui instrumen tersebut, guru-guru IPA yang ada di Provinsi Lampung diminta untuk mengisi kuisioner terkait pengalamannya dalam menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM. Hal ini mencakup pemahaman mereka terhadap kebutuhan spesifik terhadap media pembelajaran, kendala yang

mungkin mereka hadapi, serta strategi untuk meningkatkan pengajaran dan pembelajaran dibidang *computational thinking*.

Langkah-langkah penelitian dilaksanakan secara sistematis, dimulai dari perumusan pertanyaan angket yang relevan dengan fokus penelitian hingga tahap analisis data yang mendalam. Proses tersebut menjadi landasan untuk menghasilkan temuan yang akurat dan bermanfaat dalam merancang multimedia pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dan kebutuhan pendidik.

Dengan melibatkan para pendidik sebagai subjek penelitian, diharapkan bahwa hasil studi pendahuluan ini akan memberikan gambaran komprehensif mengenai kebutuhan aktual mereka, sehingga pengembangan multimedia pembelajaran dapat diarahkan untuk memberikan dampak yang signifikan dalam meningkatkan *computational thinking* siswa.

B. Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi STEM

Metode penelitian dan pengembangan ini mengadaptasi dari model pengembangan perangkat *Four-D Model* yang disarankan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel (1974). Model ini terdiri dari 4 tahap pengembangan yaitu *Define, Design, Develop,* dan *Disseminate* atau diadaptasikan menjadi model 4D, yaitu pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran. Adapun tahapan pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Define* (Pendefinisian)

Kegiatan pada tahap ini dilakukan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pengembangan. Dalam model lain, tahap ini sering dinamakan analisis kebutuhan. Tiap-tiap produk tentu membutuhkan analisis yang berbeda-beda. Secara umum, dalam pendefinisian ini dilakukan kegiatan analisis kebutuhan pengembangan, syarat-syarat pengembangan produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna serta

model penelitian dan pengembangan (model R & D) yang cocok digunakan untuk mengembangkan produk. Analisis bisa dilakukan melalui studi literature atau penelitian pendahuluan. Thiagarajan, menganalisis 5 kegiatan yang dilakukan pada tahap define yaitu: analisis ujung depan *(front end analysis),* analisis siswa *(learner analysis),* analisis tugas *(task analysis),* analisis konsep *(concept analysis)* dan perumusan tujuan pembelajaran *(specifying instructional objectives)*.

1) *Front end analysis*

Pada tahap ini, peneliti melakukan diagnosis awal untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran.

2) *Learner analysis*

Pada tahap ini dipelajari karakteristik peserta didik, misalnya: kemampuan, motivasi belajar, latar belakang pengalaman, dsb.

3) *Task analysis*

Peneliti menganalisis tugas-tugas pokok yang harus dikuasai peserta didik agar peserta didik dapat mencapai kompetensi minimal.

4) *Concept analysis*

Menganalisis konsep yang akan diajarkan, menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan secara rasional.

5) *Specifying instructional objectives*

Menulis tujuan pembelajaran, perubahan perilaku yang diharapkan setelah belajar dengan kata kerja operasional.

Menurut Mulyatiningsih dalam konteks pengembangan multimedia pembelajaran interaktif, tahap pendefinisian dilakukan dengan cara: 1) Analisis kurikulum, 2) Analisis karakteristik peserta didik, 3) Analisis materi dan 4) Merumuskan tujuan.

1) Analisis kurikulum

Pada tahap awal, peneliti perlu mengkaji kurikulum yang berlaku pada saat itu, yaitu kurikulum merdeka. Dalam kurikulum terdapat kompetensi yang ingin dicapai. Analisis kurikulum berguna untuk menetapkan pada kompetensi yang mana media tersebut akan dikembangkan. Hal ini

dilakukan karena ada kemungkinan tidak semua kompetensi yang ada dalam kurikulum dapat disediakan medianya.

2) Analisis karakteristik peserta didik

Seperti layaknya seorang guru akan mengajar, guru harus mengenali karakteristik peserta didik yang akan menggunakan bahan ajar berupa multimedia. Hal ini penting karena semua proses pembelajaran harus disesuaikan dengan karakteristik peserta didik. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik peserta didik antara lain: kemampuan akademik individu, karakteristik fisik, kemampuan kerja kelompok, motivasi belajar, latar belakang ekonomi dan sosial, pengalaman belajar sebelumnya, dsb. Dalam kaitannya dengan pengembangan multimedia pembelajaran interaktif, karakteristik peserta didik perlu diketahui untuk menyusun media yang sesuai dengan kemampuan akademiknya, misalnya: apabila tingkat pendidikan peserta didik masih rendah, maka penulisan pada media/bahan ajar harus menggunakan bahasa dan kata-kata sederhana yang mudah dipahami. Apabila minat baca peserta didik masih rendah maka media/bahan ajar perlu ditambah dengan ilustasi gambar yang menarik supaya peserta didik termotivasi untuk membacanya.

3) Analisis materi

Analisis materi dilakukan dengan cara mengidentifikasi materi utama yang perlu diajarkan, mengumpulkan dan memilih materi yang relevan, dan menyusunnya kembali secara sistematis.

4) Merumuskan tujuan

Sebelum membuat multimedia pembelajaran interaktif, tujuan pembelajaran dan kompetensi yang hendak diajarkkan perlu dirumuskan terlebih dahulu. Hal ini berguna untuk membatasi peneliti supaya tidak menyimpang dari tujuan semula pada saat mereka sedang membuat multimedia pembelajaran interaktif.

2. *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran. Thiagarajan, dkk membagi perancangan menjadi empat langkah yang harus dilakukan pada tahap ini, yaitu: (1) penyusunan standar tes *(criterion-test construction)*, (2) pemilihan media *(media selection)* yang sesuai dengan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran, (3) pemilihan format *(format selection)*, yakni mengkaji format-format bahan ajar yang ada dan menetapkan format bahan ajar atau media yang akan dikembangkan, (4) membuat rancangan awal *(initial design)* sesuai format yang dipilih. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1) Penyusunan tes acuan patokan *(constructing criterion-referenced test)*
   Menurut Thiagarajan, dkk (1974), penyusunan tes acuan patokan merupakan langkah yang menghubungkan antara tahap pendefinisian *(define)* dengan tahap perancangan *(design)*. Tes acuan patokan disusunberdasarkan spesifikasi tujuan pembelajaran dan analisis siswa, kemudian selanjutnya disusun kisi-kisi tes hasil belajar. Tes yang dikembangkan disesuaikan dengan jenjang kemampuan kognitif. Penskoran hasil tes menggunakan panduan evaluasi yang memuat kunci dan pedoman penskoran setiap butir soal.
2) Pemilihan media *(media selection)*
   Pemilihan media dilakukan untuk mengidentifikasi media pembelajaran yang relevan dengan karakteristik materi. Lebih dari itu, media dipilih untuk menyesuaikan dengan analisis konsep dan analisis tugas, karakteristik target pengguna, serta rencana penyebaran dengan atribut yang bervariasi dari media yang berbeda-beda.hal ini berguna untuk membantu siswa dalam pencapaian capaian pembelajaran. Artinya, pemilihan media dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan media/bahan ajar dalam proses pengembangan multimedia pembelajaran interaktif pada pembelajaran di kelas.
3) Pemilihan format *(format selection)*
   Pemilihan format dalam pengembangan perangkat pembelajaran ini dimaksudkan untuk mendesain atau merancang isi pembelajaran,

membuat *storyboard*, pemilihan strategi, pendekatan, metode pembelajaran, dan sumber belajar. Format yang dipilih adalah yang memenuhi kriteria menarik, memudahkan dan membantu dalam pembelajaran.

4) Rancangan awal *(initial design)*

Menurut Thiagarajan, dkk *"initial design is the presenting of the essential instruction through appropriate media and in a suitable sequence."* Rancangan awal yang dimaksud adalah rancangan seluruh perangkat pembelajaran yang harus dikerjakan sebelum ujicoba dilaksanakan. Hal ini juga meliputi berbagai aktivitas pembelajaran yang terstruktur seperti membaca teks, wawancara, dan praktik kemampuan pembelajaran yang berbeda melalui praktik mengajar.

3. *Develop* (Pengembangan)

Pada konteks pengembangan media, tahap ini dilakukan untuk membuat multimedia pembelajaran interaktif (teks, gambar, audio, video, LKPD, *Augmented Reality*, Soal) sesuai dengan kerangka isi hasil analisis kurikulum dan materi, setelah media dikembangkan tahap selanjutnya adalah menyatukan media tersebut menggunakan aplikasi *Smart Apps Creator* (SAC). SAC adalah salah satu software yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi berbasis ios dan android yang dapat dirancang tanpa kode pemrograman serta dapat juga dibuat dengan format HTML5 dan .exe. (Widiastika, *et. al*., 2021). Tahap selanjutnya yaitu merealisasikan produk media pembelajaran dalam bentuk file .apk. Media pembelajaran ini dibuat dalam format *standalone* (berdiri sendiri) yang dapat diinstal dan dijalan secara *offline* (tanpa koneksi internet) maupun *online* pada *smartphone*/ HP bersistem android.

Dalam tahapan ini dilakukan uji validasi dan uji coba multimedia pembelajaran interaktif berbasis android. Thiagarajan, membagi tahap pengembangan dalam dua kegiatan yaitu: *expert appraisal* dan *developmental testing*. *Expert appraisal* merupakan teknik untuk memvalidasi atau menilai

kelayakan rancangan produk. Dalam kegiatan ini dilakukan evaluasi oleh ahli dalam bidangnya. Saran-saran yang diberikan digunakan untuk memperbaiki materi dan rancangan pembelajaran yang telah disusun. *Developmental testing* merupakan kegiatan uji coba rancangan produk pada sasaran subjek yang sesungguhnya. Pada saat uji coba ini dicari data respon, reaksi atau komentar dari sasaran pengguna model. Hasil uji coba digunakan memperbaiki produk. Setelah produk diperbaiki kemudian diujikan kembali sampai memperoleh hasil yang efektif.

Dalam konteks pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android, tahap pengembangan dilakukan dengan cara menguji isi dan keterbacaan media tersebut kepada pakar yang terlibat pada saat validasi rancangan dan peserta didik yang akan menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android tersebut. Hasil pengujian kemudian digunakan untuk revisi sehingga multimedia pembelajaran interaktif tersebut benar-benar telah memenuhi kebutuhan pengguna. Untuk mengetahui efektivitas multimedia pembelajaran interaktif tersebut dalam meningkatkan *computational thinking* siswa, kegiatan dilanjutkan dengan memberi soal-soal latihan yang materinya diambil dari multimedia pembelajaran interaktif yang dikembangkan.

Dalam konteks pengembangan media pembelajaran, kegiatan pengembangan (*develop*) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

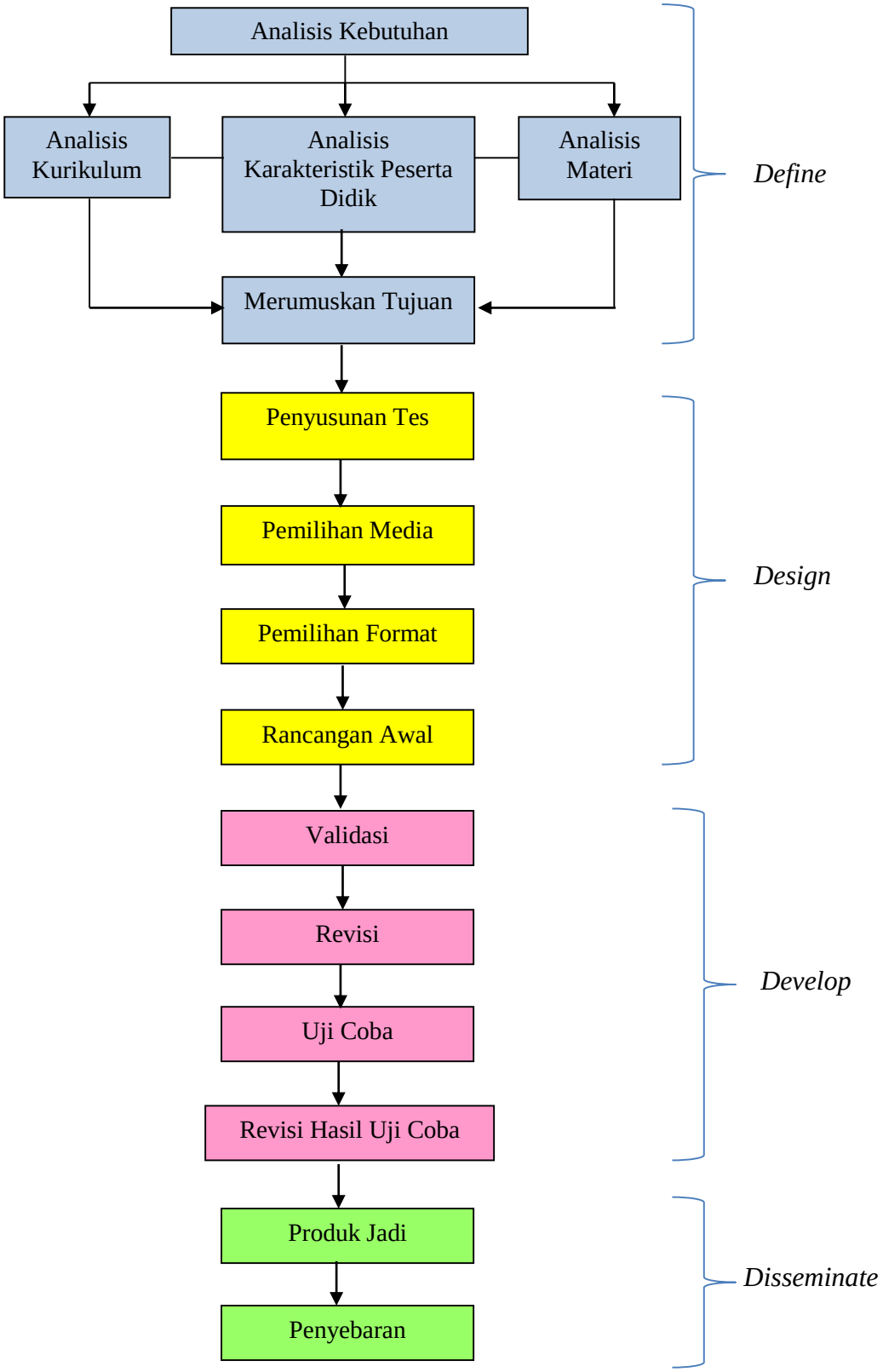
1) Validasi model oleh ahli/pakar. Hal-hal yang divalidasi meliputi panduan penggunaan model dan perangkat model pembelajaran. Tim ahli yang dilibatkan dalam proses validasi terdiri dari: pakar teknologi pembelajaran, pakar bidang studi pada mata pelajaran yang sama, pakar evaluasi hasil belajar.
2) Revisi model berdasarkan masukan dari para pakar pada saat validasi
3) Uji coba terbatas dalam pembelajaran (5 – 10 siswa)
4) Revisi model berdasarkan hasil uji coba

4. *Disseminate* (Penyebarluasan)

Pada konteks pengembangan bahan ajar berupa multimedia pembelajaran interaktif, tahap *dissemination* dilakukan dengan cara sosialisasi multimedia pembelajaran interaktif melalui pendistribusian kepada guru dan peserta didik. Dalam proses pengembangan bahan ajar/media, tahap disseminasi merupakan langkah untuk menyebarkan informasi serta memperkenalkan multimedia pembelajaran interaktif kepada pihak-pihak terkait, terutama guru dan peserta didik. Sosialisasi dilakukan dengan tujuan mengedukasi dan membimbing mereka tentang penggunaan secara efektif dari bahan ajar/media yang telah dikembangkan.

Pendistribusian bahan ajar/media dilakukan melalui berbagai cara, seperti pelatihan khusus untuk guru, workshop, seminar, atau bahkan melalui platform daring. Dengan melibatkan guru dan peserta didik secara langsung, diharapkan mereka dapat memahami konsep-konsep pembelajaran interaktif yang disajikan melalui multimedia, serta dapat mengintegrasikannya dengan baik dalam proses pembelajaran sehari-hari.

Disseminasi juga sebagai wahana belajar di antara guru dan peserta didik, dimana mereka dapat saling berbagi pengalaman, ide dan inovasi terkait penggunaan multimedia pembelajaran interaktif. Dengan demikian, tahap disseminasi tidak hanya menjadi distribusi fisik materi ajar, tetapi juga pembangunan pemahaman dan penerapan konsep-konsep pembelajaran yang inovatif.



Gambar 6. Alur Pengembangan 4D

3.3.2 Tahap II Quantitatif, Qualitatif, Quantitatif

A. Quantitatif

Implementasi model penelitian yang dikembangkan dilakukan secara langsung di dalam kelas sebagai bagian dari upaya menguji keefektifannya dalam mendukung proses pembelajaran. Selama proses implementasi berlangsung, dilakukan pemantauan dan evaluasi secara sistematis untuk menilai sejauh mana model tersebut mampu meningkatkan keterlibatan siswa, pemahaman materi, serta hasil belajar. Pengujian efektivitas ini menggunakan instrumen evaluasi, seperti tes hasil belajar.

Pengujian efektivitas dapat dilakukan dengan jenis penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis metode penelitian *quasi eksperimen non-equivalent pre-test post-test control group design* (Creswell, 2018).

Group A	O_1	X	O_2
Group B	O_3		O_4

Gambar 7. Desain penelitian *non-equivalent pre-test post-test control group design*

Group A: *Experiment group*
Group B: *Control group*
$O_1 = O_3$: *Pre-test*
$O_2 = O_4$: *Post-test*

X: Perlakuan pada kelompok eksperimen (pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM).

Pada tahap awal pembelajaran, dilakukan *pre-test* sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat kemampuan awal *computational thinking* siswa. *Pre-test ini* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar dalam *computational thinking*, seperti pemecahan masalah, pola berpikir algoritmik, dan dekomposisi masalah. Hasil dari pre-test

ini akan memberikan gambaran menyeluruh mengenai kesiapan siswa, sehingga guru dapat menyesuaikan metode, materi, serta pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan siswa. Dengan demikian, proses pembelajaran dapat berlangsung secara lebih terarah dan optimal dalam membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir komputasi secara sistematis.

B. **Qualitatif**

Pada tahapan ini, penulis menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM sebagai data kualitatif. Data kualitatif pada tahap ini mencakup analisis terhadap penggunaan model yang dikembangkan, yakni penerapan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android yang Terintegrasi STEM dalam pembelajaran materi kalor. Model ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep kalor melalui pendekatan yang menggabungkan sains, teknologi, teknik, dan matematika secara interaktif. Melalui penggunaan multimedia berbasis android, diharapkan peserta didik dapat lebih mudah memahami konsep-konsep fisika terkait kalor dengan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna.

Sasaran atau subyek penelitian populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII terdiri dari kelas VII A, VII B, dan VIIC. Sampelnya adalah ditentukan dengan mengambil dua kelas secara secara *purposive sampling* yaitu memilih kelas dengan profil akademis yang sama/setara. Sampel penelitian ini adalah siswa VII A (32 siswa) sebagai kelas kontrol dan VII C siswa (32 siswa) sebagai kelas eksperimen. Pada kelas eksperimen menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) dan media yang dikembangkan yaitu multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM, sedangkan pada kelas kontrol menggunkan pembelajaran konvensional (ceramah) media yang digunakan adalah Power Point (PPT).

Dalam proses menerapkan implementasi dikelas, peneliti menggunakan model pembelajaran *problem based learning,* karena model ini cocok diterapkan dalam

upaya mengimplementasikan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dalam meningkatkan *computational thinking* siswa. Model Problem Based Learning memiliki sintaks yang terdiri dari 5 tahapan pembelajaran, yaitu (1) orientasi masalah pada siswa (2) pengorganisasian pembelajaran siswa (3) membimbing penyelidikan (4) mengembangkan dan mempresentasikan hasil kerja (5) menganalisis dan mengevaluasi proses dalam memecahkan permasalahan. Menurut interpretasi tersebut, tahapan pembelajaran PBL dapat menantang siswa untuk mendefinisikan suatu masalah, memecah masalah menjadi bagian – bagian yang ringan untuk dicari solusinya, dan merancang algoritma untuk mendapatkan solusi yang dapat digunakan agar siswa dapat mengeksplorasi kemampuan *computational thinking*nya (Manullang & Simanjuntak, 2023).

C. **Quantitatif**

Pada tahap akhir, dilakukan *post-test* guna mengevaluasi sejauh mana penerapan model yang telah dikembangkan berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan *computational thinking* siswa. Hasil dari *post-test* ini diharapkan dapat memberikan gambaran objektif mengenai efektivitas model dalam meningkatkan keterampilan berpikir komputasi serta memberikan wawasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam proses pembelajaran.

Cara pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil belajar pada kelompok pengguna model (kelas eksperimen) dan kelompok yang tidak menggunakan model (kelas kontrol). Apabila hasil belajar kelompok pengguna model lebih baik dari kelompok yang tidak menggunakan model maka dapat dinyatakan model tersebut efektif.

3.3.3 Tahap III (Qualitatif)

Pada tahap ini peneliti melakukan wawancara mendalam (*indepth intrview*) kepada 5 orang siswa, 2 orang siswa berkemampuan tinggi, 1 orang siswa berkemampuan sedang dan 2 orang siswa berkemampuan rendah. Wawancara bertujuan untuk merinci dan mendalami pandangan, pemahaman, serta

pengalaman mereka terhadap bahan ajar yang telah dikembangkan. Selain itu peneliti menyebar angket/quisioner kepada siswa dan guru untuk memperoleh respons atau umpan balik terhadap media/bahan ajar yang telah dikembangkan Dengan menyebarkan angket/quisioner, penulis berupaya mengumpulkan data dalam skala yang lebih luas dari sejumlah responden. Angket/quisioner disusun dengan pertanyaan terstruktur untuk memberikan dasar yang lebih kuat dalam memahami persepsi, tingkat kepuasan, dan saran konstruktif terkait materi pembelajaran yang disusun.

Pendekatan kombinasi wawancara dan angket/quisioner diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan mendalam mengenai kepraktisan media pembelajaran. Interaksi langsung melalui wawancara memberikan kesempatan bagi penulis untuk menjelajahi nuansa dan konteks yang mungkin tidak terungkap dalam kuesioner. Sementara itu, penggunaan angket/quisioner memungkinkan penulis untuk mengumpulkan data dari sampel yang lebih besar, mencakup beragam perspektif, dan mengidentifikasi pola umum dalam tanggapan partisipan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh evaluasi yang komprehensif dan representatif terhadap kualitas serta daya saing bahan ajar/media yang telah dikembangkan. Apabila respon sasaran pengguna multimedia pembelajaran interaktif berbasis android sudah baik maka baru dilakukan penyebaran atau pemasaran supaya multimedia pembelajaran interaktif berbasis android dapat digunakan oleh sasaran yang lebih luas. Langkah yang dapat dilakukan yaitu dengan mengunggah multimedia ke *playstore* atau *google drive*. Lalu link multimedia tersebut disebarluaskan agar dapat diinstal pada *smartphone*/hp dan dapat digunakan untuk proses kegiatan belajar mengajar.

3.3.4 Tahap IV (*Interpretation*)

Pada tahapan ini peneliti melakukan interpretasi data, yaitu interpretasi data kuantiatif dan kualitatif. Data kuantitatif seperti data *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk melihat adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman dan penerapan *Computational Thinking* (CT) pada kelompok siswa yang diberi perlakuan yaitu dengan menggunakan multimedia pembelajaran interaktif

terintegrasi STEM. Selain itu, melalui analisis statistik, dapat ditemukan hubungan yang signifikan antara multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM dengan peningkatan kemampuan *Computational Thinking* siswa.

Data kualitatif seperti wawancara mendalam dengan siswa dan guru dapat digunakan untuk menggali pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana multimedia pembelajaran interaktif mempengaruhi proses pembelajaran. Dengan menggunakan multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM dapat membantu siswa memahami konsep-konsep IPA materi kalor dengan lebih baik, dan dapat meningkatkan keterlibatan siswa selama pembelajaran. Selain itu, dengan data kualitatif mengungkapkan bahwa multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM membantu siswa dalam menyelesaikan masalah sebagai elemen dalam *computational thinking*. Guru juga dapat mengukur tingkat pemahaman siswa secara lebih baik melalui interaksi multimedia daripada metode pengajaran konvensional.

Hasil tes kemampuan secara kuantitatif didukung oleh pemahaman mendalam dari perspektif kualitatif menunjukkan bagaimana multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM dapat merangsang pemikiran komputasi siswa. Secara keseluruhan, model ini bukan hanya meningkatkan pengetahuan siswa dalam konteks STEM tetapi juga mempromosikan pengembangan keterampilan komputasional yang sangat diinginkan dalam dunia pendidikan dan pekerjaan masa depan. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk mendukung implementasi dan pengembangan lebih lanjut dari pendekatan pembelajaran multimedia interaktif terintegrasi STEM.

3.4 Teknik dan Pengumpulan Data

Adapun instrumen penelitian untuk pengumpulan data yang digunakan seperti: angket/quisioner, lembar validasi, tes belajar, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran.

1. Analisis kebutuhan pendidik dan peserta didik terhadap media

   Instrumen yang digunakan adalah angket/quisioner. Digunakan untuk memperoleh data tentang kebutuhan media pembelajaran yang sesuai dengan perkembangan teknologi pada era revolusi industri 4.0.
2. Uji Validasi

   Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar validasi, digunakan untuk memperoleh data tentang penilaian dari para ahli terhadap Multimedia Pembelajaran Interaktif berbasis android.
3. Respon siswa terhadap Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android

   Instrumen yang digunakan adalah angket/quisioner. Digunakan untuk memperoleh data tentang kepraktisan Multimedia Pembelajaran Interaktif berbasis android.
4. *Pre-test* dan *post-test*

   Instrument tes yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes pilihan ganda menggunakan pertanyaan tentang seputar materi kalor. Instrument ini digunakan untuk memperoleh data keefektifan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android. *Pre-test* diberikan diawal pembelajaran sebelum perlakuan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android. *Post-test* diberikan setelah treatment atau perlakuan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android. Tes ini dilakukan melalui fitur latihan yang terdapat pada aplikasi pembelajaran. Hasil dari pre-test dan post-test selanjutnya di uji gain ternormalisasi (N-Gain) untuk melihat keefektifan aplikasi pembelajaran berbasis android. Gain ternormalisasi atau yang disingkat dengan N-Gain merupakan perbandingan skor gain aktual dengan skor gain maksimum (Hake, 1998).
5. Lembar observasi

   Lembar observasi digunakan untuk mengamati keterlaksanaan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif terintegrasi STEM

6. Lembar Wawancara

   Lembar wawancara digunakan untuk menggali pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana multimedia pembelajaran interaktif mempengaruhi proses pembelajaran.

3.5 Analisis Data

Data dalam penelitian pengembangan aplikasi ini adalah data kuantitatif dan kualitatif. Pengolahan data kuantitatif dan kualitatif berupa analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi 3 analisis yaitu analisis kevalidan, kepraktisan dan keefektifan. Pengolahan data kuantitatif berupa uji N-Gain, uji normalitas, homogenitas, uji t, dan uji dampak dengan Analisis *Covarian* (ANCOVA). Pengolahan data kualitatif berupa deskripsi masukan/saran dari para ahli media ataupun ahli isi/materi mengenai multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM, data hasil wawancara dengan siswa mengenai multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM, dan data hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran yang melibatkan peneliti secara langsung pada saat melakukan pengamatan atau penelitian.

3.5.1 Analisis Data Kevalidan

Kevalidan produk hasil penelitian dinilai oleh 3 orang validator ahli, 2 orang dosen dan 1 guru. Kegiatan yang dilakukan dalam proses analisis data kevalidan yaitu dengan cara menilai produk pengembangan perangkat pembelajaran dilakukan melalui penilaian *cheklist* pada lembar validasi produk berdasarkan aspek/kriteria penilaian dengan kisi-kisi instrumen seperti pada tabel 3 dan 4. Kriteria validitas multimedia pembelajaran interaktif berbasis android dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3. Kisi-kisi Angket Penilaian Ahli Materi

No	Aspek/Materi/Indikator	Jumlah Butir Penilaian
1	Tata Bahasa	3
2	Materi Utama	9
3	Materi Pendukung	3
4	LKPD	3
5	Soal	3

Tabel 4. Kisi-kisi Angket Penilaian Ahli Media

No	Aspek/Materi/Indikator	Jumlah Butir Penilaian
1	Caption/tampilan aplikasi android	3
2	Materi Utama	4
3	Materi Pendukung	3
4	LKPD	2
5	Soal	2

Tabel 5. Kriteria Validitas Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android

Kriteria Validitas	Tingkat Validitas
81 % - 100 %	Sangat valid, dapat digunakan tanpa revisi
61 % - 80,9 %	Valid, dapat digunakan namun perlu revisi
41 % - 60, 9 %	Kurang valid, disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar
21 % - 40,9 %	Tidak valid, tidak boleh dipergunakan

Persentase nilai $= \frac{Skor}{Skormaksimum} \times 100\ \%$

3.5.2 Analisis Data Kepraktisan

Untuk mengukur tingkat kepraktisan media pembelajaran yang dikembangkan, dilakukan proses pembelajaran dengan memanfaatkan multimedia pembelajaran interaktif berbasis Android yang terintegrasi dengan pendekatan STEM pada materi kalor. Kegiatan yang dilakukan dalam proses analisis data kepraktisan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Lembar Observasi

   Data hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran melibatkan peneliti secara langsung pada saat melakukan pengamatan atau penelitian. Hasil pengamatan keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan lembar observasi dilakukan oleh 1 orang guru melalui penilaian *cheklist* dengan kisi instrumen seperti pada lampiran 7. Untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran, terdapat sejumlah kriteria yang telah ditetapkan, yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase (%)	**Kriteria**
0,0 – 20,0	Sangat rendah
20,1 – 40,0	Rendah
40,1 – 60,0	Sedang
60,1 – 80,0	Tinggi
80,1 – 100,0	Sangat Tinggi

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Skor maksimal}} \text{x} 100\%$$

2. Analisis Data Respon Siswa

Analisis angket respon siswa terhadap multimedia pembelajaran interaktif berbasis android materi kalor dilakukan oleh 32 siswa melalui penilaian *cheklist* dengan kisi-kisi instrumen pada tabel 6 dan kategori kepraktisan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android pada tabel 7.

Tabel 7. Kisi-kisi Respon Siswa Terhadap Multimedia Pembelajaran

No	Aspek/Materi/Indikator	Jumlah Butir
1	Ketertarikan	6
2	Materi	6
3	Bahasa	3

$$\text{Persentase nilai} = \frac{Skor}{Skormaksimum} \times 100\ \%$$

Tabel 8. Kategori Kepraktisan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android

Tingkat pencapaian	Kategori
81 - 100	Sangat Baik
61 - 80	Baik
41 - 60	Cukup

3.5.3 Analisis Data Keefektifan

Pengujian efektivitas dilakukan menggunakan metode penelitian *quasi eksperimen non-equivalent pre-test post-test control group design*, yaitu eksperimen dilakukan pada dua kelompok untuk diberi *treatment* atau perlakuan

yang berbeda dan selanjutnya diobservasi hasilnya untuk mengetahui peningkatan *computational thinking* siswa. Kegiatan yang dilakukan dalam proses analisis data kefektifan adalah sebagai berikut:

1. Penilaian kualitatif hasil *computational thinking* siswa pada saat pelaksanaan pembelajaran menggunakan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM materi kalor dilakukan melalui tes (*pre-test* dan *post-test*). Berdasarkan indikator kisi-kisi instrumen *computational thinking*, maka dibuatlah 5 soal berpikir komputasi yang meliputi *Decomposition* (dekomposisi), *Pattern recognition* (pengenalan pola), *Abstraction* (abstraksi), dan *Algorithms* (algoritma). Analisis hasil *pre-test* dan *post-test* dengan uji keefektifan menggunakan perhitungan skor gain ternormalisasi (N-Gain). Perhitungan skor gain ternormalisasi (N-Gain) dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$N\text{-}Gain = \frac{SkorPosttest\text{-}SkorPretest}{Skorideal\text{-}SkorPretest}$$

Tabel 9. Kategori Perolehan Nilai N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
g > 0,7	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
g < 0,3	Rendah

2. Penilaian kuantitatif yaitu dengan melakukan uji stastistik berupa uji normalitas, homogenitas, uji t, dan uji dampak dengan Analisis *Covarian* (ANCOVA) sebagai berikut:
   a. Uji Normalitas

      Uji normalitas data dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa data sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Ada beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menguji normalitas data, antara lain uji chi-kuadrat, uji liliefors, dan uji Kolmogorov-smirnov. Uji normalitas datapada penelitian ini dilakukan dengan uji satu sampel *one sample Kolmogorov-Smirnov shapiro-wilk* pada program SPSS 26 *for windows*.

Penggunaan statistik parametris mensyaratkan bahwa data setiap variabel yang dianalisis harus terdistribusi normal. Uji normalitas dengan menggunakan uji *one sample Kolmogorov-Smirnov*. Data dikatakan normal apabila probabilitas atau (Sig.) > 0,05.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa kedua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi sama. Untuk memudahkan perhitungan peneliti menggunakan progam komputer SPSS 26 *for windows*. Langkah-langkah uji Homogenitas adalah sebagai berikut: klik *Analyze, compare means kemudian One way Anova* masukkan nilai *Post Test* pada kolom *Dependent* dan kelas pada *factor* selanjutnya pada *option* centang *Homogenity of variance test* tekan *continu* untuk melanjutkan perintah dan akhiri perintah dengan klik OK.

Pedoman pengambilan keputusan dalam uji homogenitas adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai signifikasi atau sig < 0,05, maka dikatakan bahwa varians dari dua atau lebih kelompok populasi data adalah tidak sama (tidak homogen)
2. Jika nilai signifikasi atau sig > 0,05, maka dikatakan bahwa varians dari dua atau lebih kelompok populasi data adalah sama (homogen)

c. Uji t

Uji t dilakukan untuk menguji hipotesis penelitian mengenai pengaruh dari masing-masing variabel bebas secara parsial terhadap variabel terikat. Uji t (t *Test*) adalah salah satu test statistik yang dipergunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis yang menyatakan bahwa diantara dua buah mean sampel yang diambil secara random dari populasi yang sama, tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Sudjiono, 2010). *T-statistics* merupakan suatu nilai yang digunakan guna melihat tingkat signifikansi pada pengujian hipotesis dengan cara mencari nilai *T-statistics* melalui prosedur *bootstrapping*. Pengambilan keputusan dilakukan dengan melihat nilai signifikansi pada tabel *Coefficients*.

Biasanya dasar pengujian hasil regresi dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau dengan taraf signifikannya sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Adapun kriteria dari uji statistik t (Ghozali, 2016):

1. Jika nilai signifikansi uji t > 0,05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Artinya tidak ada pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen.
2. Jika nilai signifikansi uji t < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya terdapat pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen

Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini adalah:

Ho : Multimedia pembelajaran interaktif berbasis android Terintegrasi STEM tidak dapat meningkatkan *Computational Thinking* siswa

H_1 : Multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dapat meningkatkan *Computational Thinking* siswa

d. Uji Dampak dengan Analisis *Covarian* (ANCOVA) Untuk menguji tingkat signifikansi efek treatment berdasarkan skor *pre-test* dan *post-test computational thinking* siswa dilakukan dengaan menggunakan uji statistik Analisis *Covarian* (ANCOVA).

Berikut langkah-langkah melakukan analisis ANCOVA pada SPSS:

a. Memilih *Analyze* pada menu *Toolbar* SPSS kemudian pilih *General Linear* Model→ *Univariate*;

b. Memasukkan variabel Y pada posisi Dependent *Variable*;

c. Memasukkan variabel Model Pembelajaran pada *Fixed Factor* (s);

d. Memasukkan variabel kovariat, yaitu pretest pada posisi *Covariates(s);*

e. Pada Model: pilih *Full Factorial*. Kemudian di-Klik *Continue;*

f. Pada Option: pilih *Descriptive statistics*, *Estimates of effect size*, dan *Parameter Estimates*. Klik *Continue*;

g. Kemudian pilih OK

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dapat disimpulkan sebagai berikut, yaitu:

1. Produk multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM ini berupa aplikasi android dalam format apk yang dapat dapat diinstal pada smartphone. Aplikasi multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM terdiri dari beberapa menu, yaitu menu *home*, menu pengantar, menu CP dan TP, menu materi, menu video, menu LKPD, menu *Augmented Reality* (AR), menu STEM, menu latihan soal, menu soal *online*, menu referensi, dan menu pengembang. Aplikasi multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM ini sangat valid sehingga layak digunakan dalam pembelajaran. Hal ini berdasarkan hasil uji validasi diperoleh, rata-rata persentase validitas oleh ahli materi sebesar 94%, rata-rata persentase validitas oleh ahli media sebesar 95%.
2. Aplikasi multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM sangat praktis digunakan dalam pembelajaran berdasarkan hasil respon siswa terhadap aplikasi android 29 siswa (91%) merespon multimedia pembelajaran interaktif berbasis android dengan nilai baik sekali, 3 siswa (9%) merespon multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM dengan nilai baik, dengan tingkat keterlaksanaan pembelajaran sangat tinggi yaitu (94.57%).
3. Aplikasi multimedia pembelajaran interaktif ini efektif dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* yang dapat dilihat dari adanya perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai pada kelas eksperimen dan kelas kontrol berdasarkan hasil uji Independent Samples Test, nilai Sig. (2-tailed) = 0.00, Nilai signifikansi berada di bawah 0.05 ($p < 0.05$), serta dari perhitungan *effect*

size dengan nilai 91% menunjukkan bahwa multimedia pembelajaran interaktif berbasis android ini memiliki pengaruh yang besar dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* siswa, serta berdasarkan data hasil *pre-test* dan *post-test* diperoleh rata-rata N-Gain skor sebesar 0,77 dengan kategori tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android terintegrasi STEM, maka terdapat saran sebagai berikut, yaitu:

1. Diperlukan pengembangan lebih lanjut terhadap fitur-fitur dalam multimedia pembelajaran interaktif, seperti *virtual laboratory*, penambahan fitur interaksi berbasis *gamification*, serta penguatan aspek adaptif agar lebih sesuai dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman siswa.
2. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian ini dapat mengembangkan aplikasi multimedia pembelajaran interaktif yang dapat digunakan baik pada perangkat android maupun IOS untuk materi-materi IPA lainnya yang memiliki karakteristik materi abstrak dan kompleks.
3. Diharapkan ada penelitian lanjutan yang mengeksplorasi aspek efektivitas multimedia ini dalam jangka panjang, termasuk dampaknya terhadap keterampilan lain seperti pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi siswa dalam pembelajaran berbasis teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

Adnyaswari, K. M., Margunayasa, I. G., & Rati, N. W. (2022). Bahan Ajar Digital Berkearifan Lokal Berbasis Android pada Topik Perpindahan Kalor. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, *5*(1), 197-207. https://doi.org/10.23887/jippg.v5i1.47208

Alhafidz, M. R. L., & Haryono, A. (2018). Pengembangan mobile learning berbasis android sebagai media pembelajaran ekonomi. *Jurnal Pendidikan Ekonomi*, *11*(2), 118-124. https://dx.doi.org/10.17977/UM014v11i22018p0

Amsari, D. (2018). Implikasi teori belajar E. Thorndike (Behavioristik) dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Basicedu*, *2*(2), 52-60

Andriyani, A., Dewi, H. I., & Zulfitria, Z. (2020). Penggunaan Multimedia Dan Animasi Interaktif Terhadap Keterampilan Membaca Permulaan Siswa. *Instruksional*, *1*(2), 172-180

Ansori, M. (2020). Pemikiran komputasi (computational thinking) dalam pemecahan masalah. *Dirasah: Jurnal Studi Ilmu Dan Manajemen Pendidikan Islam*, *3*(1), 111-126. https://doi.org/10.29062/dirasah.v3i1.83

Ardiani, K. E. (2022). Multimedia Pembelajaran Interaktif Berorientasi Teori Belajar Ausubel pada Muatan IPA Materi Sumber Energi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, *6*(1), 26–35. https://doi.org/10.23887/jppp.v6i1.45159

Astuti, I. A. D., Sumarni, R. A., & Saraswati, D. L. (2017). Pengembangan media pembelajaran fisika mobile learning berbasis android. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *3*(1), 57-62. https://doi.org/10.21009/1.03108

Astuti, W., Sulastri, S., Syukri, M., & Halim, A. (2023). Implementasi pendekatan science, technology, engineering, and mathematics untuk meningkatkan kemampuan literasi sains dan kreativitas siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, *11*(1), 25-39.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Bailey, D. H., & Borwein, J. M. (2011). *Computational thinking and its impact on the development of mathematical and scientific thinking*. Journal of Computational Science Education, 2(3), 1-10.

Batdi, V., Talan, T., & Semerci, Ç. (2019). Meta-Analytic and Meta-Thematic Analysis of STEM Education. *International journal of education in mathematics, science and technology*, *7*(4), 382-399.

Berg, R., & Dunlap, D. (2017). *The Effect of Agrosains Based Engineering Design Process Learning Model With A STEM Approach to SMP Student*. https://www.researchgate.net/publication/367815292

Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Cansu, F. K., & Cansu, S. K. (2019). An Overview of Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(1), 17–30. https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i1.53

Chiu, T. K. F., & Churchill, D. (2016). Adoption of mobile devices in teaching: changes in teacher beliefs, attitudes and anxiety. Interactive Learning Environments, 24(2), 317-327. https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1113709

Clark, JM & Paivio, A. (1991). Teori dan pendidikan pengkodean ganda. *Review Psikologi Pendidikan*, 3(3), 149-170.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. Sage publications.

Creswell, J.W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Desain Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches 5th edition*. Los Angeles: SAGE Publication

Dale, E. (1946). *Audio-visual methods in teaching*. New York, NY: Dryden Press.

Dale, E. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching* (3rd ed.). New York: The Dryden Press.

Dale, E. (1972). *Building a learning environment*. Bloomington, IN: Phi Delta Kappa Educational Foundation.

Dale, E., & O'Rourke, J. (1971). *Techniques of teaching vocabulary*. Elgin, IL: Dome Press.

Davidi, I.E., Sennen, E., & Supard, K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (science, technology, enggeenering and mathematic) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan,*11(1):11-22.

Dewi, A. N., Juliyanto, E., & Rahayu, R. (2021). *Pengaruh Pembelajaran Ipa Dengan Pendekatan Computational Thinking Berbantuan Scratch Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah*. *4*, 6. https://doi.org/10.31002/nse.v4i2.2023

Eisenberg, M. (2002). *Beyond programming and crafts: Towards computational thinking in basic education*. International Journal of Computers and Mathematical Learning, 7(1), 1–18.

Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, *7*(2), 63–74. https://doi.org/https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.220

Foster, I. (2006). *Computational thinking: A guide to the use of computing in science and engineering education*. Computing Research Association.

Gagne, R. M. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York: Holt, Rinehart & Winston

Guzdial, M. (1994). *Software-realized scaffolding to facilitate programming for understanding and problem solving*. Journal of Educational Computing Research, 10(4), 379–396.

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

Hambrusch, S., Hoffmann, C., Korb, J. T., Haugan, M., & Hosking, A. L. (2009). A multidisciplinary approach towards computational thinking for science majors. *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 195–199. https://doi.org/10.1145/1508865.1508920

Hamid, M. A., Hilmi, D., & Mustofa, M. S. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Bahasa Arab Berbasis Teori Belajar Konstruktivisme Untuk Mahasiswa. Arabi: Journal of Arabic Studies, 4(1), 100. https://doi.org/10.24865/ajas.v4i1.107

Helena, W. M., & Yulianto, B. (2019). KIDS LEARN MANDARIN: Media Interaktif untuk Pembelajaran Bahasa Mandarin pada SDK Santa Theresia 1 Surabaya. In *Prosiding Seminar Nasional Linguistik Dan Sastra (SEMANTIKS)* Vol. 1, pp. 530-542

Henderson, P., Lovett, M., & Manlapig, M. (2007). *Advances in computational thinking for science and mathematics education*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 38(2), 211-222.

Hernanda, A., & Aji, A. S. (2024). Pemanfaatan Aplikasi Augmented Reality Untuk Pembelajaran Organ Tubuh Manusia Di Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, *6*(1), 245-251. https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i1.1166

Hockley, W. E. (2008). The picture superiority effect in associative recognition. *Memory & Cognition*, *36*(7), 1351 – 1359. https://doi.org/10.1037/a0023796

Husein, S., Harjono, A., & Wahyuni, S. (2019). Problem-based learning with interactive multimedia to improve students' understanding of thermodynamic concepts. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1233, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.

Jona, K., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., & Wilensky, U. (2014). Defining computational thinking for science, technology, engineering, and mathematics. *Proceedings of the 2014 AERA Annual Meeting*. https://ccl.northwestern.edu/2014/CT-STEM_AERA_2014.pdf

Kafilahudin, F. A., & Akbar, M. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Sistem Pernafasan Hewan Berbasis 3D Augmented Reality. *sudo Jurnal Teknik Informatika*, *3*(1), 31-40. https://doi.org/10.56211/sudo.v3i1.469

Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, *5*(1), 37-43. https://doi.org/10.23887/jjpk.v5i1.33520

Liem, I. (2017). Mind, Computational Thinking & Neural Network. *Extension Course Filsafat (ECF).*

Lin, J., Chang, C., & Chang, K. (2009). A study of integrating computational thinking into science education. *Computers & Education*, 53(4), 1184–1193. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.04.013

Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, *8*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9

Maharani. A. (2020). *Computational Thinking Dalam Pembelajaran Matematika Menghadapi Era Society 5.0* (Vol. 7, Issue 2). http://dx.doi.org/10.33603/e.v7i2.3364

Manullang, S. B., & Simanjuntak, E. (2023). *Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Kemampuan Computational Thinking Berbantuan Media Geogebra*. *06*(01).

Marjuni, A., & Harun, H. (2019). Penggunaan multimedia online dalam pembelajaran. *Idaarah: Jurnal Manajemen Pendidikan*, *3*(2), 194.

Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). *Teori Belajar Konstruktivisme dan Implikasinya dalam Pendidikan dan Pembelajaran*.

Maulidta, H., & Sukartiningsih, W. (2018). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Adobe Flash Untuk Pembelajaran Menulis Teks Eksposisi Siswa Kelas III SD*. *06*

Maulina, H., Abdurrahman, A., & Sukamto, I. (2021). How to Bring Computational Thinking Approach to The Non-Computer Science Student's Class. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, *9*(1), 101-112. http://dx.doi.org/10.23960/jpf.v9.n1.202109

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

McNicholl, R. (2018). Computational thinking using code.org. Hello World, 4,37.

Mewengkang, F., Panggabean, D. A., & Siahaan, E. (2018). *Android: Sistem operasi berbasis Linux untuk perangkat bergerak layar sentuh*. Universitas Kristen Satya Wacana.

Miftah. (2022). *Media Pembelajaran: Pendekatan Audio Visual dalam Pendidikan*. Jakarta: Penerbit Edukasi Nusantara.

Moreno, Roxane. (2010). *Educational Psychology*. University of New Mexico

Muh. Hizbul Muflihin. (2009). Aplikasi Dan Implikasi Teori Behaviorisme Dalam Pembelajaran (Analisis Strategis Inovasi Pembelajaran). *Khazanah Pendidikan*, 1–11.

Mulyani, T. (2019). Pendekatan pembelajaran STEM untuk menghadapi revolusi industri 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 2(1), 453–460.

Munir. (2013). *Multimedia Konsep dan Aplikasi dalam Pembelajaran*. Bandung : Alfabeta

Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, *13*(1), 34–45. https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819

Nasurllah, M., Adib, H., & Syafrawi, M. S. (2021). Dale's Theory Dan Bruner's Theory (Analisis Media Dalam Pentas Wayang Santri Ki Enthus Susmono). *Al-Ulum Jurnal Pemikiran dan Penelitian ke Islaman*, *8*(2), 225-238.

Ntemngwa, C. & Oliver, S.J. (2018). The implementation of integrated science technology, engineering and mathematics (STEM) instruction using robotics in the middle school science classroom. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1):13-40.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.

Pane, I., Hadju, V. A., Maghfuroh, L., Akbar, H., Simamora, R. S., Lestari, Z. W., Galih, A. P., Wijayanto, P. W., Waluyo, U., & Aulia, U. (2021). *Desain Penelitian Mixed Method*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.

Patey, A. M., Hurt, C. S., Grimshaw, J. M., & Francis, J. J. (2018). Changing behaviour 'more or less'-do theories of behaviour inform strategies for implementation and de-implementation? A critical interpretive synthesis. *Implementation Science*, *13*(1), 1–13. https://doi.org/10.1186/s13012-018-0826-6

Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex*. Oxford University Press.

Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children*. New York: W.W. Norton & Company.

Rachma, Y. Y., Setyadi, D., & Mampouw, H. L. (2020). Pengembangan Mobile Learning Barusikung Berbasis Android pada Materi Bangun Ruang Sisi Lengkung. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(3), 475–486. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i3.724

Rasvani, N. L. A., & Wulandari, I. G. A. A. (2021). Pengembangan media pembelajaran aplikasi maca (materi pecahan) berorientasi teori belajar ausubel muatan matematika. *Mimbar PGSD Undiksha*, *9*(1), 74-81. https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v9i1.32032

Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A. (2010). *Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools*. ACM Transactions on Computing Education (TOCE), 10(4), 1–15.

Robblyer, M & Doering, A.H. (2010). *Integrating Educational Technology Into Teaching*. Boston: Pearson

Sari, P. (2019). Analisis terhadap kerucut pengalaman Edgar Dale dan keragaman gaya belajar untuk memilih media yang tepat dalam pembelajaran. *Mudir: Jurnal Manajemen Pendidikan*, *1*(1), 42-57.

Seels, B. B. (1997). *Instructional design: Principles and applications* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Sherin, B. L. (2001). *Sculpting the continuum: The role of programming in science education*. Cognition and Instruction, 19(4), 459–474.

Shin, N., Bowers, J., Krajcik, J., & Damelin, D. (2021). Promoting computational thinking through project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *3*(1), 7. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00033-y

Sidiq, R., & Najuah. (2020). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. Jurnal Pendidikan Sejarah, 9(1), 1–14.

Skinner, B. F. (1953). *Science and Human Behavior*. Macmillan.

Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sutarto, S. (2017). Teori kognitif dan implikasinya dalam pembelajaran. *Islamic Counseling: Jurnal Bimbingan dan Konseling Islam*, *1*(2), 1-26. http://dx.doi.org/10.29240/jbk.v1i2.331

Syarifuddin, M., Fajri, M., & Putra, A. (2019). *Penerapan Computational Thinking dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa*. Jurnal Pendidikan Matematika, 7(2), 123–135. https://doi.org/10.1234/jpm.v7i2.5678

Tabrani, M. B., Puspitorini, P., & Junedi, B. (2021). Pengembangan multimedia interaktif berbasis Android pada materi kualitas instrumen evaluasi pembelajaran matematika. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, *8*(2), 163-172

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. 1(974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Bloomington, IN: Indiana University, Center for Innovation in Teaching the Handicapped.

Thorndike, E. L. (1911). *Animal Intelligence: Experimental Studies*. The Macmillan Company.

Ulum, M. (2021). Identifikasi penggunaan EDP (Engineering Design Process) dalam pembelajaran STEM di sekolah menengah pertama. *Jurnal Riset Kependidikan dan Pembelajaran*, 1(1), 1–15.

Usmaedi, U., Fatmawati, P. Y., & Karisman, A. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi aplikasi augmented reality dalam meningkatkan proses pengajaran siswa sekolah dasar. *Jurnal Educatio FKIP UNMA, 6*(2), 489-499. https://doi.org/10.31949/educatio.v6i2.595

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wahab & Rosnawati. (2021). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Jawa barat : Adanu Abimata

Warsita, B. (2010). *Mobile Learning Sebagai Model Pembelajaran yang Efektif dan Inovatif*. Jurnal Teknodik, 14(1), 62–73. https://doi.org/10.32550/teknodik.v14i1.452

Watson, J. B. (1913). *Psychology as the Behaviorist Views It*. Psychological Review, 20(2), 158–177.

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1*(14), 1-9.

Widiastika Asti, M., Hendracipta, N., & A Syachruroji, A. S. (2021). Pengembangan media pembelajaran mobile learning berbasis android pada konsep sistem peredaran darah di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu, 5*(1), 47-64.

Widya, W., Rifandi, R., & Rahmi, Y. L. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series, 1317*(1), 12208. https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208

Wilensky, U. (1995). *Paradox, programming, and learning probability: A case study in a connected mathematics framework*. The Journal of Mathematical Behavior, 14(2), 253–280.

Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). *Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—An embodied modeling approach*. Cognition and Instruction, 24(2), 171–209.

Wilensky, U., Brady, C., & Horn, M. (2014). An evolving definition of computational thinking in science and mathematics classrooms. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 19(2), 1–14. https://doi.org/10.1007/s10758-014-9222-0

Wilensky, U., Stroup, W., & Resnick, M. (2014). *Networked gridlock: Students enacting complex dynamic phenomena with the HubNet architecture*. In Proceedings of the Fourth Annual International Conference for the Learning Sciences (pp. 1–8). International Society of the Learning Sciences.

Williawati. (2009). *Langkah-Langkah Penyelesaian Masalah dengan Computational Thinking*. Jurnal Pendidikan, 11, 1–11. https://doi.org/10.1234/jp.v11i1.1234

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, *49*(3), 33–35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

Yaumi, M. (2018). Media dan Teknologi Pembelajaran. Prenadamedia Group.

Yektyastuti, R., & Ikhsan, J. (2016). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi kelarutan untuk meningkatkan performa akademik siswa SMA. Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, 2(1), 88-99. https://doi.org/10.21831/jipi.v2i1.10289

Yuntawati, Y., Sanapiah, S., & Aziz, L. A. (2021). Analisis Kemampuan Computational Thinking Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Masalah Matematika. *Media Pendidikan Matematika*, *9*(1), 34. https://doi.org/10.33394/mpm.v9i1.3898