

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM PEREDARAN
DARAH BERBASIS ANDROID DAN TERINTEGRASI
REPRESENTASI VISUAL UNTUK PERUBAHAN
KONSEPTUAL DAN MENINGKATKAN
KEMAMPUAN REPRESENTASI
PESERTA DIDIK**

(TESIS)

Oleh

DELIS AMALA



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM PEREDARAN DARAH BERBASIS ANDROID DAN TERINTEGRASI REPRESENTASI VISUAL UNTUK PERUBAHAN KONSEPTUAL DAN MENINGKATKAN KEMAMPUAN REPRESENTASI PESERTA DIDIK

Oleh

DELIS AMALA

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk aplikasi media pembelajaran sistem peredaran darah yang valid, praktis, dan efektif untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik. Penelitian dan pengembangan ini dilakukan dengan model 4D yang terdiri dari pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Penelitian ini menggunakan *mixed method* dengan tipe *explanatory sequential design* yang terdiri dari dua tahap pengumpulan data, yaitu pengumpulan data kuantitatif dilanjutkan dengan pengumpulan data kualitatif untuk menguatkan data kuantitatif. Desain uji coba yang digunakan adalah *pretest-posttest non-equivalent control group design*. Subjek penelitian adalah peserta didik SMP berjumlah 15 orang untuk uji coba terbatas dan 62 orang untuk uji coba skala luas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan dinyatakan 1) sangat valid (93,01%) oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan; 2) sangat praktis digunakan dalam pembelajaran baik oleh peserta didik (94,32%) maupun pendidik (96,12%) dengan tingkat keterlaksanaan pembelajaran sangat tinggi (94,38%); 3) efektif untuk perubahan konseptual dengan *N-gain* tinggi (0,78) dan *effect size* dengan kriteria besar (1,68); dan 4) efektif meningkatkan kemampuan representasi dengan *N-gain* sedang (0,65) dan *effect size* dengan kriteria besar (3,66). Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan ini dapat digunakan dalam pembelajaran sistem peredaran darah untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.

Kata kunci: kemampuan representasi, media pembelajaran android, perubahan konseptual, representasi visual

ABSTRACT

DEVELOPMENT ANDROID BASED-LEARNING MEDIA ON BLOOD CIRCULATION SYSTEM AND INTEGRATED WITH VISUAL REPRESENTATION TO CONCEPTUAL CHANGES AND IMPROVE STUDENTS' REPRESENTATION ABILITY

By

DELIS AMALA

This research aims to produce a circulatory system learning media application product that is valid, practical, and effective for conceptual changes and improving students' representational abilities. This research and development is carried out using a 4D model which consists of defining, designing, developing and disseminating. This research uses a mixed method with an explanatory sequential design type which consists of two stages of data collection, namely quantitative data collection followed by qualitative data collection to strengthen the quantitative data. The research design used was a pretest-posttest non-equivalent control group design. The research subjects consisted of 15 junior high school students in a small-scale test and 62 students in a large scale-test. The research results showed that the product was: 1) very valid (93,01%) by material expert, media expert and educational practitioner 2) very practical to use in learning by students (94.32%) and educators (96.12%) with very high implementation of learning (94.38%); 3) effective for conceptual change with high *N-gain* (0.78) and effect size with large criteria (1.68); and 4) effective in improving representation abilities with a moderate increase (0.65) and effect size with large criteria (3.66). Based on research results and data analysis, it shows that the product developed can be used in learning the circulatory system for conceptual changes and improve students' representational abilities.

Keywords: android learning media, conceptual change, representation ability, visual representation

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM PEREDARAN
DARAH BERBASIS ANDROID DAN TERINTEGRASI
REPRESENTASI VISUAL UNTUK PERUBAHAN
KONSEPTUAL DAN MENINGKATKAN
KEMAMPUAN REPRESENTASI
PESERTA DIDIK**

Oleh

DELIS AMALA

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**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis

**: PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN
SISTEM PEREDARAN DARAH BERBASIS
ANDROID DAN TERINTEGRASI
REPRESENTASI VISUAL UNTUK PERUBAHAN
KONSEPTUAL DAN MENINGKATKAN
KEMAMPUAN REPRESENTASI PESERTA
DIDIK**

Nama Mahasiswa

: Defis Amala

Nomor Pokok Mahasiswa : 2123025014

Program Studi

: Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Jurusan

: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. M. Setyarini, M.Si.

NIP. 19670511 199103 2 001



Dr. Tri Jalmo, M.Si.

NIP. 19610910 198603 1 005

2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Pendidikan MIPA**

**Ketua Program Studi
Magister Pendidikan IPA**



Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

NIP. 19670808 199103 2 001



Dr. Neni Hasnunidah, S.Pd., M.Si.

NIP. 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. M. Setyarini, M.Si.



Sekretaris : Dr. Tri Jalmo, M.Si.



Penguji Anggota : 1. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



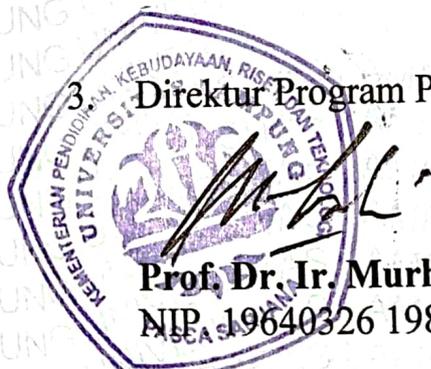
2. Prof. Dr. Sunyono, M.Si.



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP. 19651230 199111 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



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

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis: 08 Juni 2024

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Delis Amala
Nomor Pokok Mahasiswa : 2123025014
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan IPA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi. Sepengetahuan 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 kelak dikemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 08 Juni 2024

Yang menyatakan,



Delis Amala

NPM. 2123025014

RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan anak tunggal yang dilahirkan di Kedondong pada tanggal 01 November 1998 dari pasangan Ibu Fitriah dan Bapak Hasani. Penulis selesai menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD N 6 Kedondong pada tahun 2009. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTs N 1 Pesawaran dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan di MAN 1 Pesawaran hingga lulus pada tahun 2015. Setelah selesai menempuh pendidikan SMA, penulis diterima di Universitas Lampung sebagai mahasiswa S-1 Pendidikan Biologi dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2019. Saat menempuh pendidikan S-1, penulis cukup aktif dalam organisasi kemahasiswaan seperti Formandibula (Forum Mahasiswa Pendidikan Biologi) dan Himasakta (Himpunan Mahasiswa Eksakta). Pada tahun 2021, penulis dinyatakan diterima sebagai mahasiswa program Pascasarjana di Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.

MOTTO

“Tidak ada balasan untuk kebaikan selain kebaikan (pula).”

(Q.S. 55:60)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR Muslim, no. 2699)

“Tidak ada rasa bersalah yang dapat mengubah masa lalu, dan tidak ada rasa khawatir yang dapat mengubah masa depan.”

(Umar Bin Khattab)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillobbilalamin, segala puji untuk Mu ya Rabb atas segala kemudahan, limpahan rahmat, rezeki, dan karunia yang Engkau berikan selama ini. Teriring doa, rasa syukur dan segala kerendahan hati.

Kupersembahkan karya berharga ini sebagai tanda bakti dan cintaku yang tulus untuk orang-orang yang sangat istimewa dalam hidupku.

Ibuku (Fitriah)

Perjuangan dan pengorbanan dalam merawat dan mendidikku sangat luar biasa. Terima kasih atas kesabaran yang begitu besar dalam mendidikku dan selalu menjadi pendukung utama di setiap peristiwa yang terjadi di hidupku. Terima kasih atas setiap doa yang diucapkan untuk kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesanku dalam meraih apa yang kuimpikan. Terima kasih atas segala nasihat yang tidak pernah berhenti diberikan kepadaku.

Keluargaku

Keluargaku yang selalu menunjukkan kepeduliannya terhadap diriku, mendoakan, dan memberikan nasihat serta kasih sayangnya kepadaku sehingga aku bisa berani memiliki mimpi.

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 berjudul “Pengembangan Media Pembelajaran Sistem Peredaran Darah Berbasis Android dan Terintegrasi Representasi Visual untuk Perubahan Konseptual dan Meningkatkan Kemampuan Representasi Peserta Didik” 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. Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung, sekaligus sebagai Pembahas II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan saran dan kritik kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini .
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. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Pembimbing I serta Pembimbing Akademik yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran, kritik, motivasi dan nasihat kepada penulis selama perkuliahan serta selama proses penyelesaian tesis ini.
7. Dr. Tri Jalmo, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran, kritik, motivasi, dan nasihat kepada penulis selama proses penyelesaian tesis ini.
8. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembahas I yang telah memberikan saran, kritik, serta motivasi kepada penulis selama 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 validator, yaitu Dr. Dina Maulina, M.Si., Median Agus Priadi, M.Pd., dan Yenni Yunartin, M.Pd., yang telah memberi masukan dan memvalidasi produk yang dikembangkan.
11. Para staf Jurusan Pendidikan MIPA Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses perkuliahan.
12. Teman-teman Program Studi Magister Pendidikan IPA Angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini

Semoga Allah SWT. melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada semua pihak atas segala bentuk bantuan, dukungan, dan bimbingan yang diberikan kepada penulis. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat untuk bidang pendidikan dan dapat menjadi bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 08 Juni 2024

Penulis,

Delis Amala

NPM 2123025014

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang dan Masalah	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
E. Ruang Lingkup Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Teori Belajar Kognitif	10
B. Teori Belajar Konstruktivisme	11
C. Teori Belajar Konektivisme	13
D. Teori <i>Dual Coding</i>	16
E. Media Pembelajaran Android.....	17
F. Representasi Visual	20
G. Perubahan Konseptual	22
H. Kemampuan Representasi	25
I. Kerangka Pemikiran	27
III. METODE PENELITIAN	29
A. Desain Penelitian	29
B. Subjek dan Lokasi Penelitian	29
C. Prosedur Pengembangan	29
D. Instrumen Penelitian.....	34
E. Teknik Analisis Data	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil Penelitian Pengembangan	45
B. Pembahasan	93
V. KESIMPULAN DAN SARAN	124
A. Kesimpulan.....	124
B. Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA	126

LAMPIRAN

1. Lembar Instrumen Analisis Kebutuhan (Pendidik)	140
2. Lembar Instrumen Analisis Kebutuhan (Peserta Didik).....	146
3. Rekapitulasi Hasil Angket Analisis Kebutuhan.....	150
4. Silabus.....	164
5. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	166
6. Lembar Kerja Peserta Didik.....	176
7. Lembar Validasi Ahli Materi	224
8. Lembar Validasi Ahli Media	230
9. Lembar Validasi Praktisi Pendidikan.....	235
10. Rekapitulasi Hasil Validasi	242
11. Lembar Instrumen Angket Respon Pendidik	245
12. Lembar Instrumen Angket Respon Peserta Didik	248
13. Rekapitulasi Angket Respon Pendidik dan Peserta Didik	251
14. Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran.....	252
15. Rekapitulasi Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	254
16. Instrumen Tes Perubahan Konseptual	255
17. Instrumen Tes Kemampuan Representasi.....	262
18. Hasil Uji Validitas dan reliabilitas Instrumen Tes	264
19. Rekapitulasi Hasil Pretes-Postes Perubahan Konseptual.....	268
20. Rekapitulasi Hasil Pretes-Postes Kemampuan Representasi	278
21. Hasil Uji Normalitas, Uji Homogenitas, Mann-Whitney U, dan <i>Effect Size</i> Perubahan Konseptual.....	284
22. Hasil Uji Normalitas, Uji Homogenitas, T-Test, dan <i>Effect Size</i> Kemampuan Representasi.....	285
23. Dokumentasi Penelitian	286

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria Evaluasi Karakteristik Representasi Visual.....	21
2. Kategori Status Konsepsi Perubahan Konseptual.....	23
3. Level Kemampuan Representasi.....	26
4. <i>Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group</i>	33
5. Pilihan dan Kategori Certainty of Response Index (CRI).....	35
6. Matriks Pengambilan Keputusan Berdasarkan Jawaban dan CRI.....	35
7. Tipe dan Kategori Perubahan Konseptual	36
8. Kriteria Validitas Instrumen Tes.....	36
9. Kriteria Reliabilitas Instrumen Tes	37
10. Pedoman Wawancara.....	37
11. Skala Likert pada Uji Validitas Produk	38
12. Kriteria Validitas Media Pembelajaran	38
13. Kriteria Kepraktisan Media Pembelajaran	39
14. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran.....	40
15. Interpretasi <i>N-gain</i>	40
16. Kategori Effect Size	43
17. Daftar Miskonsepsi Sistem Peredaran Darah	46
18. Persentase Persepsi Pendidik	47
19. Persentase Persepsi Pendidik	48
20. Produk Aplikasi Media Pembelajaran	49
21. Hasil Revisi Produk	60
22. Hasil Validasi oleh Ahli.....	80
23. Analisis Validitas Butir Soal.....	81
24. Hasil Uji Reliabilitas Soal.....	81
25. Respon Peserta Didik terhadap Kepraktisan Produk	82

26. Respon Pendidik terhadap Kepraktisan Produk.....	82
27. Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	83
28. Konsepsi Peserta Didik pada Konsep Sistem Peredaran Darah.....	83
29. Perbandingan Rata-rata <i>N-gain</i> Perubahan Konseptual.....	85
30. Hasil Uji Normalitas Perubahan Konseptual	86
31. Hasil Uji Statistik Perubahan Konseptual.....	86
32. Kategori Status Konsepsi Peserta Didik Berdasarkan Hasil Wawancara.....	88
33. Perbandingan Rata-rata <i>N-gain</i> Kelas Kontrol dan Eksperimen	89
34. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas	90
35. Hasil Uji Independent Sample T-test.....	90
36. Perbandingan Kenaikan Level Kemampuan Representasi	92
37. Analisis Status Konsepsi Sistem Peredaran Darah	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pemrosesan informasi menurut teori kognitif pembelajaran multimedia.	17
2. Bagan Alur Kerangka Pemikiran	28
3. Prosedur Pengembangan dengan Model 4-D.....	30
4. Perbandingan rata-rata nilai pretes-postes.	85
5. Perbandingan persentase TK, TTK, dan MK.....	86
6. Perbandingan persentase tipe perubahan konseptual.	87
7. Perbandingan persentase perubahan konseptual kategori memuaskan.....	88
8. Perbandingan persentase kategori perubahan konseptual.....	88
9. Perbandingan rata-rata nilai pretes-postes kemampuan representasi.....	89
10. Level kemampuan representasi awal kelas kontrol.....	90
11. Level kemampuan representasi akhir kelas kontrol.....	91
12. Level kemampuan representasi awal kelas eksperimen.....	91
13. Level kemampuan representasi akhir kelas eksperimen.	92
14. Tampilan aplikasi media pembelajaran.	94
15. Tampilan <i>feedback</i> pada aplikasi media pembelajaran.....	95
16. Tampilan sebelum (kiri) dan setelah (kanan) revisi berdasarkan saran dari validator.	93
17. Tampilan petunjuk penggunaan aplikasi (Kiri); Contoh tampilan tombol navigasi dalam aplikasi (kanan)	98
18. Contoh jawaban pada lembar kerja peserta didik konsep komponen darah (a) dan konsep struktur jantung (b)	100
19. Tampilan konsep darah pada aplikasi media pembelajaran.....	101
20. Tampilan konsep struktur jantung pada aplikasi media pembelajaran.	102
21. Tampilan penggunaan representasi visual pada beberapa konsep.....	104

22. Contoh jawaban peserta didik pada instrumen tes perubahan konseptual kelas eksperimen (a) pretes (b) postes.	107
23. Contoh jawaban peserta didik pada instrumen tes perubahan konseptual kelas kontrol (a) pretes (b) postes.	108
24. Contoh peningkatan level kemampuan representasi peserta didik pada konsep darah.....	116
25. Contoh peningkatan level kemampuan representasi peserta didik pada konsep proses peredaran darah.....	117
26. Contoh peningkatan level kemampuan representasi peserta didik pada konsep kerja jantung.	118
27. Contoh peningkatan level kemampuan representasi peserta didik pada konsep gangguan peredaran darah.	119
28. Contoh peningkatan level kemampuan representasi peserta didik (a) pretes (b) postes.	120
29. Contoh isi lembar kerja peserta didik pada konsep struktur jantung (a); transfusi darah (b); konsep sistol diastol (c); dan konsep pembekuan darah (d).	121

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Abad 21 telah membawa perubahan dalam segala bidang kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Pengintegrasian keterampilan abad 21 di sekolah perlu dilakukan untuk membekali peserta didik agar memiliki berbagai macam keterampilan yang dibutuhkan untuk bekal mereka di masa depan yang akan semakin berkembang dan kompleks (Craig, 2012). Salah satu keterampilan yang dibutuhkan oleh peserta didik adalah keterampilan pemecahan masalah (Wagner, 2008; Trilling & Fadel, 2009; Finegold & Notabartolo, 2010; Kennedy *et al.*, 2016). Keterampilan pemecahan masalah dapat dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan dan memahami sifat dari permasalahan tersebut sehingga peserta didik membutuhkan kemampuan untuk mengenali masalah spesifik yang harus dipecahkan, merancang dan melaksanakan solusi, serta mengamati dan menilai perkembangannya (Rahman, 2019). Salah satu kemampuan yang penting dan dibutuhkan oleh peserta didik untuk dapat memiliki keterampilan pemecahan masalah adalah kemampuan representasi (Ibrahim & Rebello, 2013; Theasy *et al.*, 2018).

Kemampuan representasi dapat membantu peserta didik dalam memberikan suatu penafsiran dari berbagai macam bentuk informasi yang ada menjadi representasi yang terstruktur sehingga dapat memperjelas hubungan antara informasi dengan permasalahan (Meltzer, 2005; Scheid *et al.*, 2018; Theasy *et al.*, 2018). Adanya kemampuan representasi tersebut dapat membantu peserta didik dalam mengatasi kesulitan dan menemukan solusi dari sebuah permasalahan (Osman & Hasan, 2011; Ibrahim & Rebello, 2013). Selain itu, kemampuan representasi dibutuhkan dalam mempersiapkan peserta didik untuk memiliki kinerja dan peningkatan karir yang baik karena dapat membantu peserta didik dalam memahami informasi dari

berbagai sumber dan berkomunikasi dengan baik (Patriot *et al.*, 2018; Fatmawati *et al.*, 2022).

Kemampuan representasi perlu menjadi perhatian bagi pendidik untuk dilatih pada pembelajaran IPA di sekolah. Hal ini dikarenakan konsep-konsep IPA terdiri dari fenomena-fenomena kompleks sehingga membutuhkan representasi untuk dapat memahami fenomena-fenomena kompleks tersebut agar menjadi lebih jelas dan meyakinkan (Carolan *et al.*, 2008; Evagorou *et al.*, 2015). Selain digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena ataupun konsep, kemampuan representasi juga dapat digunakan untuk mendukung suatu pernyataan, menyelesaikan suatu permasalahan, dan membuat suatu prediksi (Kozma & Russell, 2005). Peserta didik saat pembelajaran IPA perlu memiliki kemampuan membaca, menulis, dan berkomunikasi yang tidak hanya mengandalkan lisan atau teks saja tetapi juga berbagai bentuk representasi seperti grafik, simbol, dan lainnya (Nitz *et al.*, 2014).

Konsep-konsep IPA yang abstrak menjadi sulit dipahami oleh peserta didik ketika disajikan tanpa konteks konkret dan transfer konsep yang terjadi selama pembelajaran bergantung pada representasi konsep tersebut (Braithwaite & Goldstone, 2015). Salah satu dampak yang terlihat adalah kesulitan peserta didik dalam menghubungkan konsep-konsep relevan yang mereka miliki dengan konsep-konsep baru yang mereka pelajari sehingga hal ini memengaruhi kemampuan mereka dalam membuat makna konsep (Treagust & Duit, 2008; Prabha, 2020). Hal ini juga diperkuat dengan adanya konsep yang telah dipelajari sebelumnya terlupakan oleh peserta didik sehingga mereka merasa kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep yang dipelajari tersebut. Peserta didik dapat dikatakan mengalami kesulitan dalam pemahaman konseptual jika tidak mampu menerapkan pemahamannya dalam situasi baru. Jika kesulitan tersebut tidak segera diselesaikan pada tahap ini maka proses pembangunan landasan konsep IPA yang kuat menjadi terpengaruh dan minat belajar peserta didik mengalami penurunan (Prabha, 2020). Hal tersebut pada akhirnya dapat menyebabkan miskonsepsi dan kesulitan untuk memahami konsep-konsep IPA yang akan dipelajari selanjutnya (Braithwaite & Goldstone, 2015; Ismail *et al.*, 2019; Prabha, 2020). Miskonsepsi hingga saat ini masih banyak dialami oleh peserta didik saat mempelajari konsep-

konsep IPA (Faizah, 2016; Reziana *et al.*, 2017; Wulandari *et al.*, 2022; Yuliati, 2017). Salah satu konsep IPA yang banyak ditemukan miskonsepsi adalah konsep sistem peredaran darah (Özgür, 2013; Zhao *et al.*, 2023).

Fakta yang terjadi dalam pembelajaran IPA di sekolah hingga saat ini belum melatih kemampuan representasi peserta didik secara maksimal, diketahui dari survei yang melibatkan 39 pendidik IPA SMP dan 181 peserta didik SMP di Lampung menunjukkan sebanyak 47% pendidik belum melatih peserta didik untuk memiliki kemampuan representasi. Hal tersebut mengakibatkan sebanyak 61,5% peserta didik mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep sistem peredaran darah menggunakan representasi. Penelitian yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa kemampuan representasi peserta didik masih rendah (Sutopo, 2013; Chaifa *et al.*, 2017; Lestari *et al.*, 2018). Rendahnya kemampuan representasi terjadi karena beberapa faktor seperti kegiatan pembelajaran IPA yang terfokus pada kegiatan menghafal konsep-konsep dan kurang melibatkan peserta didik dalam praktik sains dan memfasilitasi mereka dalam memahami konsep dalam situasi baru (Prabha, 2020).

Hal lainnya yang perlu mendapat perhatian adalah kebenaran pemahaman peserta didik terhadap konsep, sehingga mengungkap konsep sebelumnya yang telah dimiliki peserta didik menjadi sangat penting (Zhao *et al.*, 2023). Namun, hasil survei pada 39 pendidik menunjukkan bahwa 43,1% pendidik masih belum memberikan perhatian terhadap perubahan konseptual peserta didik dalam pembelajaran. Hal ini dapat mengakibatkan munculnya miskonsepsi dalam pembelajaran. Sebanyak 66,7% pendidik menemukan terjadinya miskonsepsi pada materi sistem peredaran darah seperti darah pada vena berwarna biru sedangkan arteri berwarna merah. Hal ini juga telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya bahwa banyak miskonsepsi yang ditemukan pada sistem peredaran darah baik pada fungsi jantung, pembuluh darah, dan proses peredaran darah seperti semua pembuluh vena hanya membawa darah kotor sedangkan semua pembuluh arteri membawa darah bersih (Pelaez *et al.*, 2005; Özgür, 2013). Ketika peserta didik memiliki konsep yang tidak tepat dan tidak diubah maka hal ini menjadi berbahaya karena tidak akan terjadi pembelajaran bermakna dan pemahaman konsep ilmiah akan sulit

berkembang (Li *et al.*, 2023). Perubahan konseptual menjadi sulit untuk dicapai dalam pembelajaran IPA karena adanya miskonsepsi yang cenderung stabil dan kuat (Vosniadou & Mason, 2012; Asterhan & Dotan, 2018). Meskipun persentase miskonsepsi yang terjadi akan mengalami penurunan ketika peserta didik berada pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi, akan tetapi miskonsepsi tersebut tidak menghilang (Özgür, 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa miskonsepsi dapat menghambat peserta didik untuk berpikir kritis dan kreatif (Rochmad *et al.*, 2018), serta bernalar dengan benar sehingga dapat mengganggu keterampilan pemecahan masalah (Singh, 2007). Oleh karena itu, perubahan konseptual penting untuk diperhatikan oleh pendidik dalam merancang suatu pembelajaran (Tanner & Allen, 2005; Jonassen *et al.*, 2007; Vosniadou, 2019).

Karakteristik konsep pada materi sistem peredaran darah yang bersifat kompleks dan abstrak membutuhkan bantuan teknologi untuk membantu memperjelas konsep dan membantu peserta didik untuk belajar secara mandiri di mana pun dan kapan pun (Hsieh & Tsai, 2017; Grant, 2019). Perkembangan teknologi memungkinkan peserta didik untuk memvisualisasikan dan meningkatkan pemahaman mereka melalui berbagai representasi (Fatmawati *et al.*, 2022). Manusia memiliki kognisi yang unik karena terspesialisasi untuk dapat melayani fungsi verbal dan nonverbal secara bersamaan (Paivio, 2006). Salah satu teknologi yang dapat mendukung dalam kegiatan pembelajaran adalah *smartphone* yang jumlah penggunaannya terus mengalami peningkatan (Bano *et al.*, 2018; Criollo-C *et al.*, 2018). Penelitian mengenai pemanfaatan *smartphone* android untuk pembelajaran IPA telah banyak dilakukan seperti pemanfaatan *smartphone* android dalam pembelajaran dengan pembuatan laboratorium virtual (Arista & Kuswanto, 2018), *augmented reality* untuk membelajarkan materi sistem peredaran darah manusia (Gnidovec *et al.*, 2020), dan makromolekular (Lee & Tucker-Kellogg, 2020), serta media pembelajaran android untuk membelajarkan asam dan basa (Kaukaba & Lutfi, 2022).

Pembelajaran IPA memiliki banyak konsep abstrak dan kompleks sangat membutuhkan media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan konsep (Gnidovec *et al.*, 2020; Liono *et al.*, 2021). Salah satu media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan konsep adalah media pembelajaran berbasis android (Pahlifi &

Fatharani, 2019; Watin *et al.*, 2023). Media pembelajaran android yang baik ditandai dengan adanya penggunaan elemen representasi visual (Kumar & Goundar, 2019). Penggunaan elemen representasi visual seperti gambar, grafik, diagram, dan lainnya yang tepat dapat membantu memudahkan peserta didik memahami konsep (Evagorou *et al.*, 2015; Rau, 2016; Inaltekin & Goksu, 2019; Tytler *et al.*, 2020; Yoon *et al.*, 2021). Representasi visual dapat memfasilitasi pemecahan masalah dan penemuan makna konsep (Lohse *et al.*, 1994). Salah satu konsep IPA yang sulit diajarkan tanpa representasi visual adalah sistem peredaran darah (Agustia & Wulan, 2019; Halin *et al.*, 2020). Dari perspektif perubahan konseptual, peserta didik harus mampu membuat representasi yang berbeda untuk membuat konsep yang sulit menjadi dimengerti (*intelligible*) (Treagust & Duit, 2008). Salah satu cara mengetahui tingkat pemahaman peserta didik terhadap konsep adalah menggunakan *Certainty of Response Index* (CRI). Penggunaan CRI dapat membedakan antara kurang pengetahuan dan miskonsepsi (Hasan *et al.*, 1999). CRI telah banyak digunakan dalam penelitian untuk mengetahui seberapa kuat pemahaman peserta didik terhadap suatu konsep (Diani *et al.*, 2019; Mushthofa *et al.*, 2020; Putri *et al.*, 2022).

Hasil survei pada 39 pendidik menunjukkan bahwa 94,9% pendidik merasa penggunaan *handphone* penting dalam pembelajaran IPA, salah satunya digunakan sebagai alat mencari informasi. Adapun pendidik yang tidak menggunakan *handphone* dalam membelajarkan konsep IPA dikarenakan beberapa hal seperti tidak bisa memanfaatkan *handphone* dalam pembelajaran, perasaan takut tidak dapat mengontrol peserta didik saat pembelajaran, dan tidak ada koneksi internet. Padahal 85,1% peserta didik menyatakan mudah dan senang ketika belajar IPA menggunakan *handphone*. Sebanyak 84% pendidik menyatakan telah menggunakan media pembelajaran yang didominasi oleh penggunaan media gambar sebesar 72,4% dan sebanyak 92% dari pendidik tersebut meyakini bahwa media pembelajaran dengan representasi visual dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep lebih jelas. Hal ini didukung oleh data sebanyak 85,1% peserta didik merasa dapat memahami konsep sistem peredaran dengan lebih jelas ketika belajar menggunakan representasi visual. Peserta didik dapat memiliki pemahaman yang tepat terhadap konsep apabila berbagai representasi dan interaksinya dilatih dalam

setiap pembelajaran (Gilbert & Treagust, 2009; Mayer, 2016). Namun, media pembelajaran yang saat ini digunakan pendidik belum terintegrasi dalam aplikasi media pembelajaran berbasis android. Padahal pemanfaatan media pembelajaran android ini tidak membatasi pembelajaran bagi peserta didik (Nikolopoulou, 2018). Bahkan, penggunaan media pembelajaran android dengan berbagai macam bentuk visualnya dapat membantu peserta didik lebih mudah dalam belajar hingga berdampak positif terhadap hasil belajar peserta didik (Hwang *et al.*, 2017).

Penelitian mengenai media pembelajaran berbasis android telah banyak dilakukan (Arista & Kuswanto, 2018; Liliarti & Kuswanto, 2018; Dasilva *et al.*, 2019; Haroky *et al.*, 2019; Ningsih & Adesti, 2020; William *et al.*, 2021). Pembuatan media pembelajaran berbasis android dapat dilakukan dengan bantuan *smart apps creator* karena mudah dioperasikan, tanpa *coding*, dan dapat langsung disimpan dalam bentuk aplikasi (Elviana & Julianto, 2022; Watin *et al.*, 2023). Namun, belum ditemukan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi dengan representasi visual yang berfokus terhadap perubahan konseptual dan kemampuan representasi pada materi sistem peredaran darah (Liu *et al.*, 2014; Nugroho *et al.*, 2023). Hasil survei menunjukkan bahwa pendidik dan peserta didik membutuhkan media pembelajaran android berbasis representasi visual sebagai contoh media pembelajaran yang dapat melatih kemampuan representasi dan meningkatkan pemahaman konsep peserta didik sehingga terjadi perubahan konseptual. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana validitas media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik?

2. Bagaimana kepraktisan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik?
3. Bagaimana efektivitas media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan:

1. Validitas media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.
2. Kepraktisan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.
3. Efektivitas media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Bagi pendidik, media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual ini dapat menjadi contoh media yang dapat digunakan dalam pembelajaran sehingga kemampuan representasi peserta didik meningkat dan mengatasi miskonsepsi peserta didik sehingga terjadi perubahan konseptual.
2. Bagi peserta didik, media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual ini memudahkan peserta didik dalam memahami konsep IPA sehingga tidak terjadi miskonsepsi dan melatih kemampuan representasi peserta didik agar menjadi lebih baik.

3. Bagi peneliti, media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual ini dapat menambah wawasan peneliti dalam mengembangkan aplikasi media pembelajaran agar terjadi perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Media pembelajaran yang dikembangkan adalah media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik. Media pembelajaran berupa aplikasi yang dapat dijalankan pada perangkat dengan sistem android. Media pembelajaran ini dikembangkan dengan menggunakan *Smart Apss Creator*. Media pembelajaran yang dikembangkan ini memiliki karakteristik visualisasi yang menarik, praktis, fleksibel, dan terdapat latihan soal yang membuat peserta didik dapat belajar secara mandiri di mana pun dan kapan pun (Hsieh & Tsai, 2017; Grant, 2019; Pahlifi & Fatharani, 2019).
2. Representasi visual merupakan pernyataan yang dapat menggambarkan sesuatu dalam bentuk ilustrasi yang digunakan sebagai sarana pencatatan informasi, komunikasi informasi, dan pemrosesan informasi (Görg *et al.*, 2007). Cakupan mode representasi visual terdiri dari gambar, diagram, grafik, tabel, dan ikon (Lohse *et al.*, 1994). Kriteria evaluasi karakteristik dari representasi visual diadaptasi dari Chen *et al* (2019), adapun evaluasi fungsi representasi visual diadaptasi dari Carney & Levin (2002).
3. Perubahan konseptual diukur menggunakan instrumen tes berupa pilihan ganda beralasan disertai dengan penggunaan *Certainty of Response Index* (CRI) yang diadaptasi dari Hasan *et al.* (1999) dan wawancara. Perubahan konseptual yang dialami oleh peserta didik dikelompokkan ke dalam tipe *reinterpretation* (Ri), *revision* (Rv), *construction* (Co), *disorientation* (Di), *scientific conception* (Sc), dan *static* (St). Perubahan konseptual yang telah diukur tersebut dikategorikan sebagai perubahan konseptual yang diterima, tidak diterima, dan tidak ada perubahan (Samsudin *et al.*, 2020). Perubahan konseptual dari data hasil wawancara dapat dikategorikan ke dalam tiga status konsepsi,

yaitu *intelligibility*, *plausibility*, dan *fruitfulness* yang diadaptasi dari Treagust & Duit (2008).

4. Kemampuan representasi merupakan kemampuan dalam menggunakan berbagai representasi untuk berpikir, berkomunikasi, dan bertindak atas suatu fenomena (Kozma & Russell, 2005). Kemampuan representasi dapat diukur menggunakan instrumen tes berupa uraian dengan 7 indikator kemampuan representasi diadaptasi dari Kozma & Russel (2005), tetapi yang digunakan dalam penelitian ini hanya 5 indikator yang sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi, yaitu: 1) menggunakan representasi untuk mendeskripsikan konsep saintifik, serta mengidentifikasi, mendeskripsikan, dan menganalisis fitur representasi; 2) membangun atau memilih representasi dan menjelaskan alasan representasi tersebut cocok digunakan; 3) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi tertentu pada pola fitur representasi atau menjelaskan kesesuaiannya untuk tujuan tertentu; 4) membuat hubungan dengan representasi yang berbeda, untuk memetakan fitur dari satu jenis representasi ke yang lain, dan untuk menjelaskan hubungannya; dan 5) menggunakan representasi dan fiturnya untuk mendukung klaim, menarik kesimpulan, dan membuat prediksi.
5. Materi yang menjadi fokus penelitian ini mengacu pada Kompetensi Dasar 3.7, yaitu menganalisis sistem peredaran darah pada manusia dan memahami gangguan pada sistem peredaran darah, serta upaya menjaga kesehatan sistem peredaran darah dan KD 4.7 menyajikan hasil percobaan pengaruh aktivitas (jenis, intensitas, atau durasi) pada frekuensi denyut jantung.
6. Tingkat validitas media pembelajaran yang dikembangkan diukur menggunakan instrumen angket validitas yang diadaptasi dari Anggraeni & Kustijono (2013).
7. Tingkat kepraktisan media pembelajaran yang dikembangkan diukur menggunakan angket kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaatan media pembelajaran serta keterlaksanaan rencana pembelajaran (Mulyanta & Leong, 2009).
8. Tingkat efektivitas media pembelajaran untuk perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik dapat diketahui melalui nilai *N-gain* yang diadaptasi dari Hake (2002), nilai *effect size* diinterpretasikan menggunakan kategori *Cohen's d* yang diadaptasi dari Becker (2000).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Belajar Kognitif

Kognitivisme membawa gagasan bahwa pembelajaran melibatkan reorganisasi pengalaman untuk memahami rangsangan dari lingkungan sehingga proses belajar dipandang sebagai suatu proses mental internal dan aktif, yang berkembang dalam diri seorang peserta didik, peningkatan kapasitas mental dan keterampilan agar dapat belajar lebih baik. Salah satu pandangan dari kognitivisme adalah struktur pengetahuan yang ada harus ada untuk membandingkan dan memproses informasi baru untuk pembelajaran. Struktur pengetahuan yang ada disebut sebagai suatu skema (Mcleod, 2003). Tokoh dalam teori belajar kognitif terdiri dari Jean Piaget, Lev Vygotsky, dan Jerome Bruner (Ruixue, 2021).

Piaget (1964) mengungkapkan bahwa setiap anak mengalami tingkat perkembangan kognitif, yaitu sensori-motor, pra-operasional, operasional konkret, dan operasional formal. Perkembangan kognitif anak tersebut tidak hanya sekadar memperoleh pengetahuan tetapi juga harus mengembangkan atau mengkonstruksi skema. Dalam mengkonstruksi skema terdapat proses asimilasi dan akomodasi sehingga terjadi adaptasi (Piaget, 2003). Vygotsky (1978) menekankan pada *zone of proximal development (ZPD)*, yaitu pembelajaran dapat terjadi secara optimal ketika seseorang mendapatkan bantuan dari orang lain yang lebih mampu. Interaksi sosial oleh Vygotsky dianggap hal yang penting dalam pembelajaran. Adapun Bruner (1977) mengungkapkan bahwa dalam pendidikan terdapat empat hal yang penting, yaitu struktur kognitif, kesiapan belajar, intuisi dan pemikiran analitis, serta motivasi belajar.

Teori belajar kognitif menekankan cara suatu informasi diproses melalui berbagai upaya mengorganisir, menyimpan hingga menemukan hubungan antara pengetahuan yang baru dengan pengetahuan sebelumnya (Wahab & Rosnawati, 2021). Dalam situasi belajar, seseorang terlibat langsung dalam perannya memperoleh wawasan untuk memecahkan permasalahan (Muhajirah, 2020). Teori belajar ini memiliki karakteristik, yaitu belajar merupakan proses mental bukan behavioral, peserta didik aktif sebagai penyalur, peserta didik belajar secara individu dengan pola deduktif dan induktif, motivasi intrinsik sehingga tidak perlu suatu stimulus, peserta didik sebagai pelaku; dan pendidik memfasilitasi terjadinya proses *insight* (Wahab & Rosnawati, 2021).

Implementasi teori belajar kognitif dalam pembelajaran dapat melalui beberapa hal, yaitu a) pengalaman tilikan/*insight* atau dapat dikatakan sebagai pemahaman mengamati, yakni mengenal keterkaitan unsur suatu objek ataupun peristiwa; b) pembelajaran bermakna (*meaningful learning*) sehingga membantu peserta didik dalam menyelesaikan suatu permasalahan; c) perilaku bertujuan atau *purposive behavior*, yakni suatu perilaku terarah pada tujuan yang ingin dicapai; d) prinsip ruang hidup (*life space*), yakni perilaku individu yang memiliki hubungan dengan lingkungannya sehingga konsep yang diajarkan berhubungan dengan situasi dan kondisi lingkungan kehidupan individu peserta didik; e) transfer dalam belajar, yakni proses pemindahan pola tingkah laku dalam situasi pembelajaran tertentu ke situasi lain (Wisman, 2020). Pendidik dalam melakukan perancangan suatu pembelajaran berfokus pada proses sehingga perlu melakukan analisis dan mempertimbangkan kesesuaian tugas yang diperlukan agar peserta didik dapat memproses informasi yang diterima secara efektif dan efisien serta harus mempertimbangkan karakteristik peserta didik (Mcleod, 2003).

B. Teori Belajar Konstruktivisme

Konstruktivisme pada dasarnya merupakan teori yang didasarkan pada observasi dan kajian ilmiah tentang bagaimana seseorang belajar (Bada & Olusegun, 2015). Seseorang membangun pemahaman dan pengetahuan mereka melalui pengalaman dan refleksinya (Bereiter, 1994). Ketika seseorang menemukan sesuatu yang baru

maka orang tersebut harus menyelaraskannya dengan ide dan pengalamannya sehingga mungkin terjadi proses perubahan keyakinan atau mungkin pembuangan informasi baru karena dianggap tidak relevan. Hal ini juga terjadi pada peserta didik saat pembelajaran sehingga pendidik perlu mendorong peserta didik menggunakan teknik seperti eksperimen dan pemecahan masalah di dunia nyata untuk menciptakan lebih banyak pengetahuan lalu merefleksikannya dan bagaimana pemahaman peserta didik berubah. Dalam hal ini pendidik perlu memahami konsepsi peserta didik yang sudah ada sebelumnya, memandu pembelajaran untuk mengatasinya dan kemudian mengembangkannya (Oliver, 2000).

Tujuan pedagogi lingkungan belajar konstruktivis terdiri dari:

1. Memberikan pengalaman terhadap proses konstruksi pengetahuan (peserta didik menentukan bagaimana dirinya akan belajar).
2. Memberikan pengalaman dan apresiasi terhadap berbagai perspektif.
3. Menanamkan pembelajaran dalam konteks realistis (tugas autentik).
4. Mendorong kepemilikan dan suara dalam proses pembelajaran (pembelajaran berpusat pada peserta didik).
5. Menanamkan pembelajaran dalam pengalaman sosial (kolaborasi).
6. Untuk mendorong penggunaan berbagai mode representasi, (video, teks audio, dll).
7. Mendorong kesadaran terhadap proses konstruksi pengetahuan (refleksi, metakognisi) (Honebein, 1996).

Salah satu inti dari pembelajaran konstruktivis adalah pembelajaran harus berupa proses aktif sehingga setiap lingkungan pembelajaran konstruktivis harus memberikan kesempatan untuk pembelajaran aktif (Tam, 2000). Menurut Tam (2000) terdapat empat karakteristik dasar lingkungan belajar yang harus dipertimbangkan berdasarkan teori konstruktivisme, yaitu:

1. Pengetahuan akan dibagikan antara pendidik dan peserta didik.
2. Pendidik dan peserta didik akan berbagi wewenang.
3. Peran pendidik adalah sebagai fasilitator atau pembimbing.
4. Kelompok belajar terdiri dari sejumlah kecil peserta didik yang heterogen.

Teori konstruktivisme memiliki dua gagasan penting, yaitu 1) peserta didik membangun pemahaman baru dengan menggunakan apa yang telah mereka ketahui, dan 2) pembelajaran itu aktif dan bukan pasif maka ketika peserta didik menemui pemahaman yang tidak sesuai dengan pemahamannya saat ini maka pemahamannya dapat berubah untuk mengakomodasi pengalaman baru. Peserta didik tetap aktif selama proses ini, yaitu mereka menerapkan pemahaman saat ini, mencatat unsur-unsur yang relevan dalam pengalaman belajar baru, menilai konsistensi pengetahuan sebelumnya dan yang baru muncul, dan berdasarkan penilaian tersebut, mereka dapat memodifikasi pengetahuan (Philips, 1995). Oleh karena itu, terdapat dua konsep kunci dalam teori pembelajaran konstruktivisme yang menciptakan konstruksi pengetahuan baru, yaitu akomodasi dan asimilasi (Bada & Olusegun, 2015). Implementasi teori konstruktivisme dalam pembelajaran dapat berupa penciptaan suasana pembelajaran yang nyaman dan kondusif oleh guru, pengarahan dan pembimbingan peserta didik untuk memahami materi dan menyelesaikan permasalahan yang ada dengan mencari dan menemukan solusinya (Wahab & Rosnawati, 2021).

Vygotsky mengungkapkan pentingnya faktor-faktor sosial dalam belajar sains sehingga Vygotsky menyarankan adanya interaksi sosial saat peserta didik menginternalisasi pemahaman-pemahaman yang sulit. Proses internalisasi terjadi melibatkan rekonstruksi aktivitas psikologis dengan dasar penggunaan bahasa. Penggunaan bahasa secara aktif yang didasarkan pemikiran merupakan sarana bagi peserta didik untuk menegosiasi kebermaknaan pengalaman-pengalaman peserta didik (Dahar, 2006).

C. Teori Belajar Konektivisme

Perkembangan teknologi digital menjadi pemicu untuk memikirkan kembali bagaimana pembelajaran dan interaksi terjadi antara peserta didik dan pendidik serta antar peserta didik (Dziubaniuk *et al.*, 2023). Teori belajar konektivisme muncul pada tahun 2000-an dan dikemukakan sebagai teori pembelajaran untuk era digital (Kop & Hill, 2008). Konektivisme menekankan pada peran teknologi digital dalam mengakses berbagai sumber informasi (Keller & Utech, 2019).

Adanya perkembangan teknologi ini menjadikan peran pendidik beralih menjadi fasilitator yang bertugas membantu proses belajar peserta didik lebih mandiri (Goldie, 2016).

Semua penyimpanan informasi saat ini dapat diperoleh melalui perangkat seluler. Perangkat seluler membantu peserta didik untuk memicu pembelajaran karena konektivisme dimulai dari individu, pengetahuan pribadi terdiri dari jaringan individu yang terdiri dari berbagai gudang informasi. Salah satu praktik yang umum dilakukan peserta didik adalah menjelajahi web dan memperoleh data dari penyimpanan informasi online ini dengan menggunakan perangkat seluler mereka seperti ponsel (Kropf, 2013). Peralihan fokus pembelajaran terjadi salah satunya seperti mengajarkan peserta didik untuk mempraktikkan kekritisan dalam mengonsumsi informasi online dan sumber-sumbernya, cara memanfaatkan informasi yang ada, cara membuat koneksi di antara berbagai sumber data, dan cara menerapkan informasi (Keller & Utech, 2019).

Konektivisme didorong oleh pemahaman bahwa keputusan didasarkan pada landasan yang berubah dengan cepat. Informasi yang baru terus menerus diperoleh sehingga kemampuan untuk membedakan antara informasi yang penting dan tidak penting sangatlah penting. Kemampuan untuk mengenali waktu informasi baru dapat mengubah lanskap berdasarkan keputusan yang baru diambil juga penting (Siemens, 2005). Konektivisme menghadirkan pembelajaran tidak lagi sekedar aktivitas kognitif atau individualistik dalam proses pembelajaran, melainkan juga kolaborasi keilmuan yang dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja. Konektivisme dibangun berdasarkan model pembelajaran konstruktivis, dengan pelajar sebagai pusatnya, menghubungkan dan membangun pengetahuan baru dalam konteks yang mencakup jaringan eksternal dan platform media sosial (Hendricks, 2019).

Menurut teori konektivisme, pengetahuan dikembangkan ketika peserta didik membuat hubungan mental antara konsep, ide, serta opini yang dapat diakses melalui teknologi sebagai fasilitas pembelajaran (Dunaway, 2011). Teori konektivisme terdiri dari delapan prinsip, yaitu:

1. Pembelajaran dan pengetahuan bergantung pada keberagaman pendapat.
2. Pembelajaran adalah proses menghubungkan simpul-simpul khusus atau sumber informasi.
3. Pembelajaran dapat dilakukan pada peralatan non-manusia.
4. Kapasitas untuk mengetahui lebih penting daripada apa yang diketahui saat ini.
5. Memelihara dan memelihara koneksi diperlukan untuk memfasilitasi pembelajaran yang berkelanjutan.
6. Kemampuan melihat hubungan antar bidang, ide, dan konsep merupakan keterampilan inti.
7. Pengetahuan yang akurat dan terkini adalah tujuan dari semua kegiatan pembelajaran konektivis.
8. Pengambilan keputusan merupakan proses pembelajaran itu sendiri (Siemens, 2005).

Gagasan utama dari prinsip-prinsip konektivisme adalah peserta didik dapat menciptakan makna baru daripada menghafal fakta dan pengetahuan, terletak pada kemampuan untuk belajar, melupakan, dan mempelajari kembali informasi serta mampu menerapkan pengetahuan tersebut (Dunaway, 2011; Goldie, 2016; Keller & Utech, 2019). Kegiatan-kegiatan yang dapat mendukung proses pembelajaran berdasarkan teori konektivisme, yaitu:

1. Agregasi, dengan mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai sumber daya yang dapat diakses.
2. Relasi, dengan merefleksikan pengetahuan baru yang telah diperoleh dari agregasi dihubungkan dengan pengalaman dan pengetahuan sebelumnya yang dimiliki peserta didik.
3. Kreasi, setelah proses refleksi dan analisis terhadap pengetahuan dilakukan maka peserta didik dapat mengembangkan keluaran pengetahuannya sendiri (misalnya presentasi).
4. Berbagi, dengan membagikan wawasan yang dimiliki kepada peserta didik lainnya baik melalui jaringan seperti media sosial dan sebagainya (Rita, 2011).

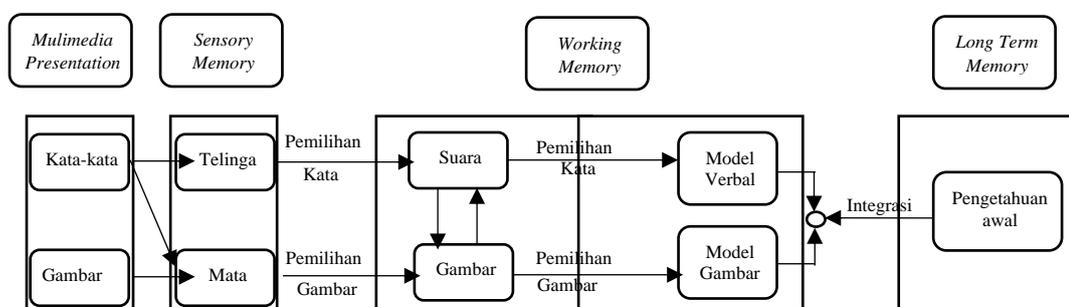
Berdasarkan logika pada teori konektivisme maka dapat dikatakan belajar sebagai proses menemukan konsep-konsep baru, berhenti belajar adalah penilaian kritis terhadap informasi sebelumnya, dan belajar kembali mencakup pemahaman baru dan menggantikan keyakinan atau pengalaman lama karena informasi baru (Keller & Utech, 2019). Oleh karena itu, konektivisme ini memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan abad 21, yaitu berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, kreativitas dan inovasi, pengarahan diri sendiri, membuat koneksi global dan lokal, dan menggunakan teknologi sebagai alat untuk belajar (Niu *et al.*, 2021).

D. Teori *Dual Coding*

Teori ini didasarkan pada pandangan bahwa kognisi terdiri dari aktivitas sistem representasi simbolik yang dikhususkan untuk menangani informasi dengan cara yang memenuhi tujuan perilaku fungsional atau adaptif. Kognisi manusia bersifat unik karena dapat memproses informasi menggunakan dua sistem yang terpisah namun saling berhubungan, yaitu bahasa (verbal) berupa ucapan atau tulisan dan nonverbal. Skema pemrosesan informasi berdasarkan teori *dual coding* dimulai dari stimulus verbal dan stimulus nonverbal yang diterima oleh sistem sensorik sehingga terjadi pemrosesan awal. Stimulus verbal akan diproses melalui sistem kognitif yang khusus menangani bahasa sedangkan nonverbal diproses melalui sistem kognitif yang menangani gambar. Bahasa diubah menjadi representasi mental berupa kode verbal sedangkan gambar diubah menjadi kode visual. Representasi verbal dan nonverbal dapat saling berhubungan di dalam memori kerja. Penggunaan kedua jenis informasi ini secara bersamaan dapat meningkatkan kemampuan untuk memahami dan mengingat informasi (Paivio, 2008).

Clark & Mayer (2008) memperluas teori ini dalam konteks pembelajaran multimedia. Teori kognitif pembelajaran multimedia didasarkan pada tiga prinsip, yaitu sistem pemrosesan informasi manusia mencakup saluran ganda untuk pemrosesan visual dan verbal, setiap saluran mempunyai kapasitas pemrosesan yang terbatas, dan pembelajaran aktif. Pembelajaran multimedia menetapkan lima proses kognitif, yaitu pemilihan kata-kata yang relevan, pemilihan gambar-gambar yang relevan, pengorganisasian kata-kata yang dipilih menjadi representasi verbal

yang runut, pengorganisasian gambar-gambar yang dipilih menjadi representasi gambar yang koheren, dan pengintegrasian representasi gambar dan verbal serta pengetahuan sebelumnya. Pemrosesan informasi berdasarkan teori kognitif pembelajaran multimedia dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 1. Pemrosesan informasi menurut teori kognitif pembelajaran multimedia.

Seseorang dapat menerima informasi verbal dan visual yang masuk ke dalam memori sensorik melalui mata dan telinga kemudian masuk ke dalam memori kerja untuk menyimpan dan memanipulasi pengetahuan sementara secara sadar. Pada manusia terdapat memori jangka panjang yang dapat menyimpan banyak pengetahuan dalam jangka waktu yang lama, namun ketika sedang berpikir maka informasi tersebut harus dibawa kembali ke dalam memori kerja. Teori pembelajaran multimedia ini menguraikan prinsip-prinsip tentang menggabungkan teks dan gambar untuk mendukung pembelajaran yang efektif (Clark & Mayer, 2008).

E. Media Pembelajaran Android

Pembelajaran seluler atau *mobile learning* hingga saat ini terus dimanfaatkan dalam pembelajaran karena memberikan kemudahan dan dukungan dalam mencapai efektivitas pembelajaran (Osman & Napeah, 2021). Pembelajaran seluler mendukung peserta didik untuk dapat belajar di mana pun dan kapan pun. Bentuk dari pemanfaatan pembelajaran seluler yang dapat mengurangi terjadinya *learning loss* dan meningkatkan pemahaman peserta didik saat belajar secara mandiri adalah media pembelajaran android (Saryar *et al.*, 2019; Toquero, 2020; Engzell *et al.*, 2021; Hidayatulloh *et al.*, 2021; Khan & Ahmed, 2021).

M-learning memiliki beberapa kategori definisi, yaitu berkaitan dengan pendidikan jarak jauh dan *e-learning*, penggunaan perangkat dan teknologi bagi pembelajaran, sifat pembelajar dan pembelajaran yang nomaden, serta menyegarkan dan meningkatkan pembelajaran (Hsieh & Tsai, 2017; Grant, 2019). Pembelajaran seluler atau *M-learning* mengacu pada penggunaan perangkat seluler atau nirkabel untuk tujuan pembelajaran di mana pun dan kapan pun yang meliputi *smartphone*, laptop, tablet dan lainnya. Inovasi dalam teknologi media sosial juga menjadikan *m-learning* sebagai potensi dalam pendidikan (Park, 2011). Meskipun penggunaan perangkat android terus meningkat, tetapi pemanfaatannya dalam pembelajaran di sekolah menengah masih terbatas (Nikolopoulou, 2018). *Mobile learning* memiliki empat tipe, yaitu:

1. Tipe 1: *High Transactional Distance and Socialized Mobile Learning Activity (HS)*. *M-learning* tipe 1 ini memiliki karakteristik, yaitu komunikasi peserta didik dengan pendidik kurang dapat dilakukan, peserta didik dapat berkolaborasi dan berkomunikasi dalam pembelajaran kelompok, materi pembelajaran dikirim melalui program aplikasi perangkat seluler yang telah disepakati, dan pembelajaran terjadi di antara peserta karena pendidik memiliki peran sebagai fasilitator dalam suatu pembelajaran kelompok.
2. Tipe 2: *High Transactional Distance and Individualized Mobile Learning Activity (HI)*. *M-learning* tipe 2 ini memiliki karakteristik, yaitu komunikasi dengan pendidik kurang dapat dilakukan, materi pembelajaran terstruktur dan terorganisasi disampaikan melalui perangkat seluler. Masing-masing peserta didik menerima materi dan dapat mengatur proses pembelajaran yang ingin mereka kuasai, serta interaksi umumnya terjadi antara peserta didik dengan konten pada perangkat seluler.
3. Tipe 3: *Low Transactional Distance and Socialized Mobile Learning Activity (LS)*. *M-learning* tipe 3 ini memiliki karakteristik, yaitu, peserta didik dapat berinteraksi dengan pendidik serta sesama peserta didik selama menggunakan perangkat seluler. *M-learning* tipe ini mendukung komunikasi peserta didik dengan pendidik, pembelajaran dibuat kurang terstruktur, terjadi kerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah yang diberikan dan mencoba untuk mencapai tujuan umum pembelajaran, serta melibatkan interaksi sosial, negosiasi, dan frekuensi komunikasi secara alami.

4. Tipe 4: *Low Transactional Distance and Individualized Mobile Learning Activity (LI)*. *M-learning* tipe 4 ini memiliki karakteristik, yaitu adanya ruang untuk komunikasi antara peserta didik dengan pendidik, pembelajaran dibuat kurang terstruktur, pendidik berperan membimbing dan mengontrol pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan peserta didik sampai mereka dapat independen, dan peserta didik dapat berinteraksi secara langsung dengan pendidik (Park, 2011).

Aplikasi media pembelajaran berbasis android yang dikembangkan ini merupakan *m-learning* tipe 4, yaitu *low transactional distance and individualized mobile learning activity (LI)*. *Mobile learning* dengan tipe 4 ini membuat aplikasi media pembelajaran yang dapat memungkinkan adanya komunikasi antara peserta didik dengan pendidik. Selain itu, saat pembelajaran pendidik dapat memberikan bantuan dan bimbingan serta mengontrol pembelajaran hingga peserta didik mampu independen.

Android merupakan suatu sistem operasi seluler berdasarkan versi modifikasi dari Kernel Linux dan perangkat lunak lainnya, yang dirancang untuk suatu perangkat seluler layar sentuh seperti telepon pintar (*smartphone*) dan tablet. Sistem operasi Android terutama dirancang untuk perangkat *smartphone* yang mengimplementasikan antarmuka input layar sentuh. Android menjadi sistem operasi seluler yang paling populer dan banyak digunakan oleh pengembang untuk mengembangkan suatu aplikasi. Hal tersebut dikarenakan Android dirancang dengan kombinasi perangkat lunak yang bersifat *open source* (Kocakoyun & Bicen, 2017).

Penelitian mengenai berbagai pengembangan media pembelajaran android hingga saat ini terus dilakukan (Arista & Kuswanto, 2018; Liliarti & Kuswanto, 2018; Dasilva *et al.*, 2019; Haroky *et al.*, 2019; Ningsih & Adesti, 2020; William *et al.*, 2021). Persepsi positif dan penerimaan peserta didik terhadap pembelajaran yang memanfaatkan android memberikan harapan untuk dilakukannya usaha mengembangkan media pembelajaran android (Nikolopoulou, 2018). Selain itu, pembelajaran android diketahui dapat meningkatkan hasil pembelajaran pada peserta didik (Mardiana & Kuswanto, 2017; Wongwatkit *et al.*, 2017; Astuti *et al.*, 2018;

Osman & Napeah, 2021). Oleh karena itu, *smartphone* dengan sistem operasi android dapat digunakan untuk menjalankan hasil pengembangan aplikasi media pembelajaran.

F. Representasi Visual

Representasi penting dalam pembelajaran sains karena dianggap sebagai pusat dari proses belajar dan konsekuensi dari pembelajaran (Gilbert, 2010). Representasi juga dapat digambarkan sebagai variasi dalam suatu keabstrakan-kekonkritan seperti gambar dan simbol. Pemrosesan informasi yang terjadi di otak merupakan sebuah visualisasi (Paivio, 2008). Representasi visual terdiri dari representasi internal yang merupakan konstruksi mental secara pribadi dari seorang individu sebagai citra mental, dan representasi eksternal yang dapat diperiksa oleh orang lain. Cakupan mode representasi terdiri dari visual dan simbolis. Cakupan mode representasi visual terdiri dari gambar, diagram, simbol dan bentuk grafis lainnya (Gilbert, 2010). Representasi visual dalam pembelajaran IPA dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, yaitu grafik, tabel, diagram, ikon, dan gambar (Lohse *et al.*, 1994).

Elemen visual memiliki beberapa fungsi, yaitu fungsi dekorasional, representasional, organisasional, dan interpretasional. Fungsi dekorasional, yaitu jika elemen visual tidak berhubungan dengan teks atau narasi dan hanya memberikan daya tarik kepada pembaca. Fungsi representasional, yaitu jika elemen visual mencerminkan sebagian atau seluruh konten teks dengan akurat. Fungsi organisasional, yaitu jika elemen visual membantu pembaca untuk mengorganisasi informasi ke dalam struktur yang koheren dan mendorong pemrosesan teks yang lebih detail; keterangan menyebutkan fakta tetapi tidak memberikan informasi tambahan pada teks. Fungsi lainnya adalah fungsi interpretasional, jika elemen visual memiliki hubungan yang kuat dengan konten serta membantu pembaca memahami konsep dalam teks yang sulit (misalnya merepresentasikan tekanan darah dalam sistem peredaran darah) dan terdapat suatu keterangan yang menyebutkan fakta serta informasi tambahan tentang fakta tersebut (Carney & Levin, 2002).

Penggunaan representasi visual memiliki keunggulan dalam perekaman informasi, komunikasi informasi, dan pemrosesan informasi. Perekaman informasi sebagai mekanisme penyimpanan untuk menghindari kebutuhan menghafal data. Komunikasi informasi sebagai pesan untuk mengkomunikasikan fitur-fitur penting dari data yang divisualisasikan. Adapun pemrosesan informasi sebagai sarana untuk memperoleh pengetahuan dari data (Görg *et al.*, 2007). Oleh karena itu, penggunaan representasi visual dapat membantu peserta didik membuat koneksi konsep yang benar (Chen *et al.*, 2019). Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan representasi visual dalam pembelajaran dapat membantu memudahkan peserta didik dalam memahami konsep (Evagorou *et al.*, 2015; Rau, 2016; Inaltekin & Goksu, 2019; Tytler *et al.*, 2020b; Yoon *et al.*, 2021). Kriteria evaluasi karakteristik dari representasi visual diadaptasi dari Chen *et al* (2019), sebagai berikut.

Tabel 1. Kriteria Evaluasi Karakteristik Representasi Visual

Kategori	Subkategori	Deskripsi
Level representasi	Makro	Hanya menyajikan aspek yang dapat diamati dan realistis
	Submikro	Mengilustrasikan entitas yang tidak dapat diamati dan aspek abstrak
	Simbolik	Menggunakan simbol dan kode
	Makro and submikro	Mewakili dua level: makro dan submikro
	Makro and simbolik	Mewakili dua level: makro dan simbol
	Submikro and symbolic	Mewakili dua level: submikro dan simbol
	Makro, submikro and simbolik	Mewakili tiga level: makro, submikro, dan simbol
Derajat korelasi antara representasi yang terdiri dari beberapa representasi	Terhubung	Kesetaraan fitur komponen ditunjukkan dengan jelas
	Tidak cukup terhubung	Kesetaraan hanya beberapa fitur yang ditunjukkan dengan jelas
	Tidak terhubung	Tidak ada indikasi kesetaraan fitur
Kaitannya dengan teks	Terkait	Representasi menggambarkan konten teks yang tepat
	Terkait sebagian	Representasi menggambarkan subjek atau subjek yang akrab dengan teks, teks tidak mengarahkan pembaca pada hubungan antara teks dan representasi
	Tidak terkait	Representasi tidak relevan dengan isi teks. Teks menggambarkan konten tanpa menyebutkan korespondensi dengan representasi

G. Perubahan Konseptual

Belajar merupakan suatu kegiatan yang rasional karena didasarkan untuk memahami dan menerima ide-ide yang mengharuskan peserta didik dapat membuat penilaian berdasarkan bukti yang tersedia sehingga belajar dilihat sebagai proses perubahan konseptual (Posner *et al.*, 1982). Pengetahuan awal yang dimiliki oleh peserta didik dapat memengaruhi pembelajaran karena memberikan indikasi konsepsi alternatif dan konsepsi ilmiah yang mereka miliki (Hewson & Hewson, 1983). Peserta didik mengikuti pembelajaran di kelas dengan kondisi memiliki pengetahuan awal yang berbeda sehingga pembelajaran akan menambah pengetahuan baru dan memicu suatu perubahan konseptual (Chi, 2008).

Perubahan konseptual menurut Piaget (1952) merupakan perubahan konseptual yang melibatkan proses akomodasi ketika peserta didik dihadapkan pada informasi baru yang tidak sesuai dengan konsepsi mereka maka terjadi perubahan skema. Konsep makna yang direpresentasikan dapat dianggap sebagai produk atau cerminan budaya serta sebagai pola dalam perkembangan kognitif yang diperoleh melalui pembentukan konsep dan asimilasi konsep. Peserta didik memperoleh konsep baru melalui proses asimilasi konsep dengan melihat atribut konsep dan menghubungkannya dengan atribut dari konsep yang relevan dalam struktur kognitif mereka (Ausubel, 1968). Perubahan konseptual memiliki dua pola dalam pembelajaran, yaitu ketika peserta didik menggunakan konsep yang telah dimiliki dalam menghadapi suatu fenomena baru yang disebut sebagai asimilasi dan ketika konsep yang dimiliki peserta didik tersebut tidak cukup untuk memahami fenomena baru maka peserta didik akan mengganti konsep utamanya yang disebut sebagai akomodasi (Posner *et al.*, 1982).

Perubahan konseptual telah diamati dan dianggap penting sejak tahun 1980-an karena dalam pembelajaran IPA terdapat banyak konsep yang bersifat kompleks, sulit, kontroversial, atau kontra-intuitif (Nadelson *et al.*, 2018; Lehtinen *et al.*, 2020; McLure *et al.*, 2020; Potvin *et al.*, 2020; Liaw *et al.*, 2021). Perubahan konseptual akan mengurangi kesulitan belajar peserta didik dan meningkatkan minat belajar, penguasaan konsep, hingga kepercayaan diri peserta didik (Rustaman *et al.*,

2018; McLure *et al.*, 2020a; Kaya *et al.*, 2021; Zvoch *et al.*, 2021). Penolakan beberapa konsepsi oleh peserta didik selama proses pembelajaran dapat terjadi maka konsepsi baru tersebut harus dapat dipahami, masuk akal, dan bermanfaat bagi peserta didik (Posner *et al.*, 1982; Hewson & Hewson, 1983). Konsepsi yang dimiliki oleh peserta didik setelah melewati proses pembelajaran dibedakan menjadi *intelligibility*, *plausibility*, dan *fruitfulness*. Kategori status konsepsi peserta didik tersebut dapat dilihat menggunakan acuan kategori pada tabel yang diadaptasi dari Treagust & Duit (2008).

Tabel 2. Kategori Status Konsepsi Perubahan Konseptual

Status Konsepsi	Elemen
<i>Intelligibility</i> (Mengetahui arti konsep)	<i>Intelligibility analogy</i> (menggunakan analogi atau metafora untuk merepresentasikan konsep)
	<i>Image</i> (menggunakan gambar, diagram, atau bentuk visual lain untuk merepresentasikan konsep)
	<i>Exemplar</i> (memberikan contoh konsepsi di dunia nyata)
	<i>Language</i> (representasi linguistik atau simbolik dari konsepsi)
<i>Plausibility</i> (Mengaitkan konsep baru yang diterima dengan konsep lama yang diketahui atau dipercaya)	<i>Other knowledge</i> (menunjukkan konsistensi 'beralasan' dengan pengetahuan status tinggi lainnya)
	<i>Lab experience</i> (menunjukkan konsistensi dengan data laboratorium atau pengamatan)
	<i>Past experience</i> (menunjukkan peristiwa tertentu yang konsisten dengan konsepsi)
	<i>Epistemology</i> (menunjukkan konsisten dengan komitmen epistemologis)
	<i>Metaphysics</i> (mengacu pada status ontologis objek atau keyakinan)
	<i>Plausability analogy</i> (konsepsi lain digunakan)
<i>Fruitfulness</i> (Menggunakan konsep baru untuk memecahkan masalah)	<i>Power</i> (konsepsi memiliki penerapan yang luas)
	<i>Promise</i> (menunjukkan harapan konsepsi baru mungkin dapat digunakan)
	<i>Extrinsic</i> (mengasosiasikan konsepsi baru dengan para ahli)

Pembelajaran yang efektif untuk perubahan konseptual harus bertujuan mengurangi struktur pengetahuan yang tidak relevan dan meningkatkan pemahaman agar kesalahpahaman konsep tidak terjadi (Asterhan & Resnick, 2020). Kesalahpahaman terhadap konsep menunjukkan kurangnya pengetahuan yang tepat (Johnson & Činčera, 2019). Kesalahpahaman tersebut perlu diidentifikasi agar dapat segera diperbaiki sehingga pemahaman terhadap konsep baru tidak terhambat. Metode yang dapat digunakan untuk tujuan mengidentifikasi adanya miskonsepsi adalah *Certainty of Response Index* (CRI) yang diasosiasikan dengan suatu instrumen tes. CRI merupakan suatu ukuran tingkat keyakinan atau kepastian dalam menjawab setiap pertanyaan yang didasarkan pada skala enam poin (0-5). Peserta didik

diminta untuk memberikan penilaiannya sendiri tentang kepastian mereka dalam mendapatkan suatu jawaban yang mereka pilih. Skala 0 memiliki arti tidak adanya pengetahuan (total tebakan) tentang konsep yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan tertentu. Adapun skala 5 menunjukkan adanya kepercayaan penuh pada pengetahuan tentang konsep yang diperlukan untuk sampai pada jawaban yang dipilih (Hasan *et al.*, 1999).

Tingkat kepastian peserta didik dalam menjawab suatu pertanyaan rendah (CRI 0-2) menunjukkan bahwa tebakan digunakan oleh peserta didik dalam penentuan jawaban baik jawabannya benar ataupun salah, nilai CRI yang rendah menunjukkan adanya suatu tebakan, hal ini menandakan kurangnya pengetahuan. Namun, apabila tingkat kepastian peserta didik dalam menjawab suatu pertanyaan tinggi (CRI 3-5), maka peserta didik memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap pilihan konsep yang digunakan untuk sampai pada jawaban yang dipilihnya. Jika jawaban benar maka tingkat kepastian yang tinggi dapat dibenarkan. Namun, jika jawabannya salah maka tingkat kepastian yang tinggi akan menunjukkan kepercayaan yang salah pada pengetahuannya. Kepastian yang salah dalam penerapan konsep untuk suatu pertanyaan tertentu merupakan indikator adanya miskonsepsi (Hasan *et al.*, 1999).

Perubahan konseptual yang dialami oleh peserta didik dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tipe, yaitu *reinterpretation* (Ri), *revision* (Rv), *construction* (Co), *disorientation* (Di), *scientific conception* (Sc), dan *static* (St). Tipe *reinterpretation* (Ri), yaitu adanya perubahan konsepsi yang ditandai dengan terpenuhinya konsepsi dimana konsepsi awal yang sesuai dengan konsep ilmiah dipadukan dengan konsep baru sehingga peserta didik yang awalnya hanya memahami sebagian konsep menjadi memahami penuh konsep tersebut. Tipe *revision* (Rv), yaitu adanya perubahan konsepsi yang ditandai dengan penataan kembali konsepsi yang salah menjadi konsepsi yang sesuai dengan konsep ilmiah sehingga peserta didik yang awalnya miskonsepsi menjadi memahami konsep baik sebagian maupun secara penuh. Tipe *construction* (Co), yaitu suatu perubahan konsepsi yang ditandai dengan terbentuknya serangkaian konsep baru sehingga peserta didik yang awalnya tidak memahami konsep menjadi memahami konsep baik sebagian maupun

secara penuh. Tipe *disorientation* (Di), yaitu adanya suatu perubahan konsep ditandai dengan menurunnya konsepsi peserta didik dari yang sudah memahami konsep menjadi miskonsepsi atau tidak memahami konsep. Tipe *scientific conception* (Sc) yaitu peserta didik yang konsepsinya bertahan pada konsepsi yang diharapkan. Tipe *static* (St), yaitu peserta didik yang konsepsinya tetap berada dalam kategori miskonsepsi atau tidak memahami konsep (Samsudin *et al.*, 2020).

H. Kemampuan Representasi

Kemampuan representasi merupakan seperangkat kemampuan yang memungkinkan seseorang menggunakan berbagai representasi atau visualisasi baik hanya satu representasi atau gabungan beberapa representasi untuk berpikir, berkomunikasi, dan bertindak atas suatu fenomena. Kemampuan representasi yang baik jika dimiliki peserta didik akan memudahkan pemahaman karena kemampuan representasi menunjukkan dan menegaskan kemampuan siswa dalam aktivitas pembuatan representasi, sehingga peserta didik yang memiliki kemampuan representasi lebih baik akan dapat menggunakan berbagai representasi secara bersamaan untuk menjelaskan fenomena, mendukung klaim, memecahkan masalah, atau membuat suatu prediksi (Kozma & Russell, 2005).

Tingkat kemampuan representasi pada peserta didik dapat diketahui melalui suatu tes. Tes tersebut dapat menggunakan indikator kemampuan representasi yang dimodifikasi dari Kozma & Russel (2005) sebagai berikut:

1. Kemampuan menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena atau konsep saintifik, serta mengidentifikasi, mendeskripsikan, dan menganalisis fitur representasi.
2. Kemampuan membangun atau memilih suatu representasi dan menjelaskan alasan representasi tersebut cocok untuk tujuan tertentu.
3. Kemampuan menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur representasi tertentu.
4. Kemampuan membandingkan dan mengkontraskan perbedaan representasi dan konten informasinya.

5. Kemampuan menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi yang lain, dan menjelaskan hubungannya.
6. Kemampuan mengambil posisi epistemologis representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi.
7. Kemampuan menggunakan representasi dan fitur-fiturnya untuk mendukung klaim, menarik kesimpulan, dan membuat prediksi.

Level kemampuan representasi dapat diketahui dengan cara mengelompokkan jawaban peserta didik pada setiap pertanyaan menggunakan kategori, yaitu:

Tabel 3. Level Kemampuan Representasi

Level	Keterangan
Level 1	<i>Representation as depiction</i> Hanya merepresentasikan suatu fenomena berdasarkan fiturnya, yaitu representasi berupa gambaran isomorfik dan ikonik dari fenomena.
Level 2	<i>Early symbolic skills</i> Merepresentasikan fenomena berdasarkan fitur dan juga mencakup beberapa elemen simbolik yang mengakomodasi keterbatasan media.
Level 3	<i>Syntactic use of formal representation</i> Merepresentasikan fenomena berdasarkan fitur yang diamati dan entitas atau proses yang mendasari yang tidak teramati meskipun tidak akurat secara ilmiah.
Level 4	<i>Semantic use of formal representation</i> Merepresentasikan fenomena dengan benar menggunakan simbol formal untuk mewakili entitas dan proses yang mendasari dan tidak dapat teramati. Mampu menggunakan sistem representasi formal berdasarkan aturan sintaksis dan makna relatif terhadap fenomena fisik yang diwakilinya, mampu membuat konteks di dua representasi yang berbeda atau mengubah representasi, mampu memberikan makna dasar yang sama untuk beberapa representasi yang berbeda secara dangkal, dan mengubah representasi yang diberikan setara dalam bentuk lain. Mampu secara spontan menggunakan representasi untuk menjelaskan fenomena, memecahkan masalah, atau membuat prediksi.
Level 5	<i>Reflective, rhetorical use of representation</i> Merepresentasikan fenomena dengan menggunakan satu atau lebih representasi untuk menjelaskan hubungan antara sifat fisik dan entitas serta proses yang mendasarinya. Mampu menggunakan fitur spesifik dari representasi untuk menjamin klaim. Mampu memilih atau menyusun representasi yang paling tepat untuk situasi tertentu dan menjelaskan alasan representasi lebih tepat digunakan dari yang lain. Mampu mengambil posisi epistemologis dari beberapa fenomena yang tidak dapat dialami secara langsung dan dapat dimengerti melalui representasi yang dibuatnya.

Sumber: Kozma & Russel (2005)

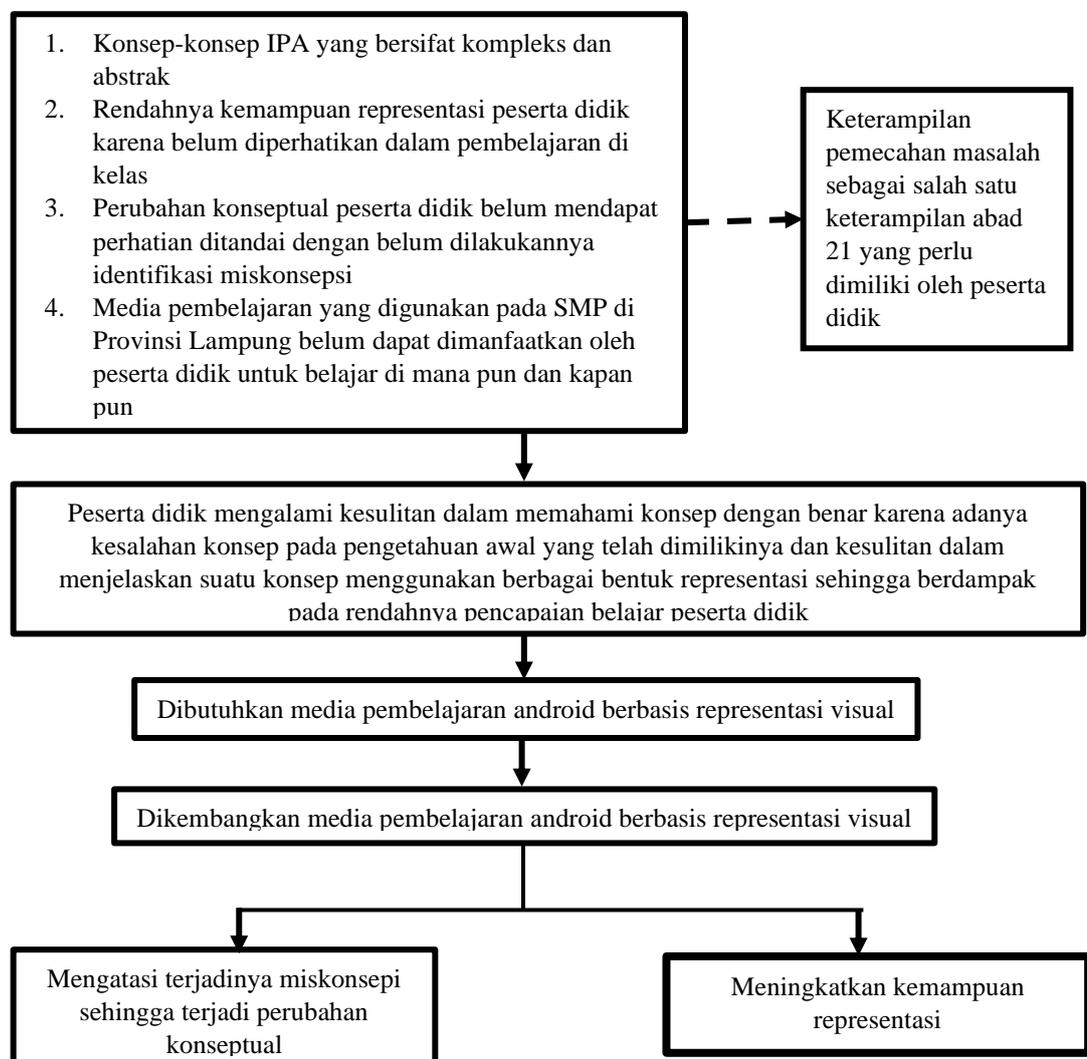
Kemampuan representasi dapat memungkinkan terjadinya konstruksi pemahaman yang dalam melalui *abstraction*, *extension*, dan *relations*. 1) Abstraksi, yaitu mendeteksi dan mengekstraksi subset elemen informasi yang relevan dari representasi; 2) Ekstensi, yaitu memperluas pengetahuan dalam satu representasi ke situasi baru dengan representasi lain atau membuat generalisasi dari representasi; 3) Relasi, yaitu menerjemahkan antara dua atau lebih representasi yang tidak sama (Tsui & Treagust, 2013). Penelitian mengenai peningkatan kemampuan representasi pada pembelajaran IPA terus dilakukan karena hal tersebut memiliki hubungan dengan berbagai kemampuan lainnya yang dibutuhkan oleh peserta didik, seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, dan komunikasi (Meltzer, 2005; Patriot *et al.*, 2018; Scheid *et al.*, 2018; Theasy *et al.*, 2018; Fatmawati *et al.*, 2022).

I. Kerangka Pemikiran

Salah satu tantangan pendidikan saat ini adalah mempersiapkan peserta didik untuk memiliki berbagai keterampilan abad 21 yang dibutuhkan seperti keterampilan pemecahan masalah (*problem solving skill*). Kemampuan representasi menjadi salah satu kemampuan yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai keberhasilan dalam pemecahan masalah karena dapat membantu peserta didik dalam mengenali permasalahan, menghubungkan dan menginterpretasikan berbagai data yang diperlukan untuk pemecahan masalah hingga menilai keberhasilan pemecahan masalah. Selain itu, kemampuan dalam menggunakan representasi untuk menjelaskan suatu konsep atau fenomena menunjukkan keberhasilan peserta didik dalam menguasai konsep. Namun, saat ini peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menggunakan representasi untuk menjelaskan suatu konsep.

Pengetahuan awal peserta didik dapat memengaruhi keberhasilan pembelajaran IPA. Hal tersebut mengarahkan peserta didik terhadap adanya perubahan konseptual jika konsep baru yang diterima peserta didik tidak sesuai dengan konsepsi awal yang mereka miliki. Perubahan konseptual yang positif akan membantu peserta didik dalam mengatasi kesulitan belajarnya. Konsep pada sistem peredaran darah yang kompleks dan abstrak memerlukan bantuan representasi visual untuk dapat dipahami oleh peserta didik. Perkembangan teknologi dapat

memberikan kemudahan karena dapat mendukung ditampilkannya representasi visual. Media pembelajaran android dipandang mampu menjawab kebutuhan tersebut. Kemudahan peserta didik dalam mengakses media pembelajaran android dapat memberikan kesempatan belajar yang lebih luas bagi peserta didik. Namun, saat ini di sekolah masih kurang pemanfaatannya, padahal peserta didik memiliki persepsi positif terhadap media pembelajaran android sehingga dapat membantu peserta didik dalam meningkatkan kemampuan representasi dan mengatasi miskonsepsi. Skema kerangka pemikiran dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 2. Bagan Alur Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D (*Four-D*). Tahapan model pengembangan 4D terdiri dari *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran) (Thiagarajan *et al.*, 1974). Penelitian ini menggunakan *mixed method* dengan tipe *explanatory sequential design* yang terdiri dari dua tahap pengumpulan data, yaitu pengumpulan data kuantitatif lalu pengumpulan data kualitatif untuk menjelaskan hasil kuantitatif. Uji coba media pembelajaran yang dikembangkan dilakukan dengan *pretest-posttest non-equivalent control group design* (Creswell, 2012).

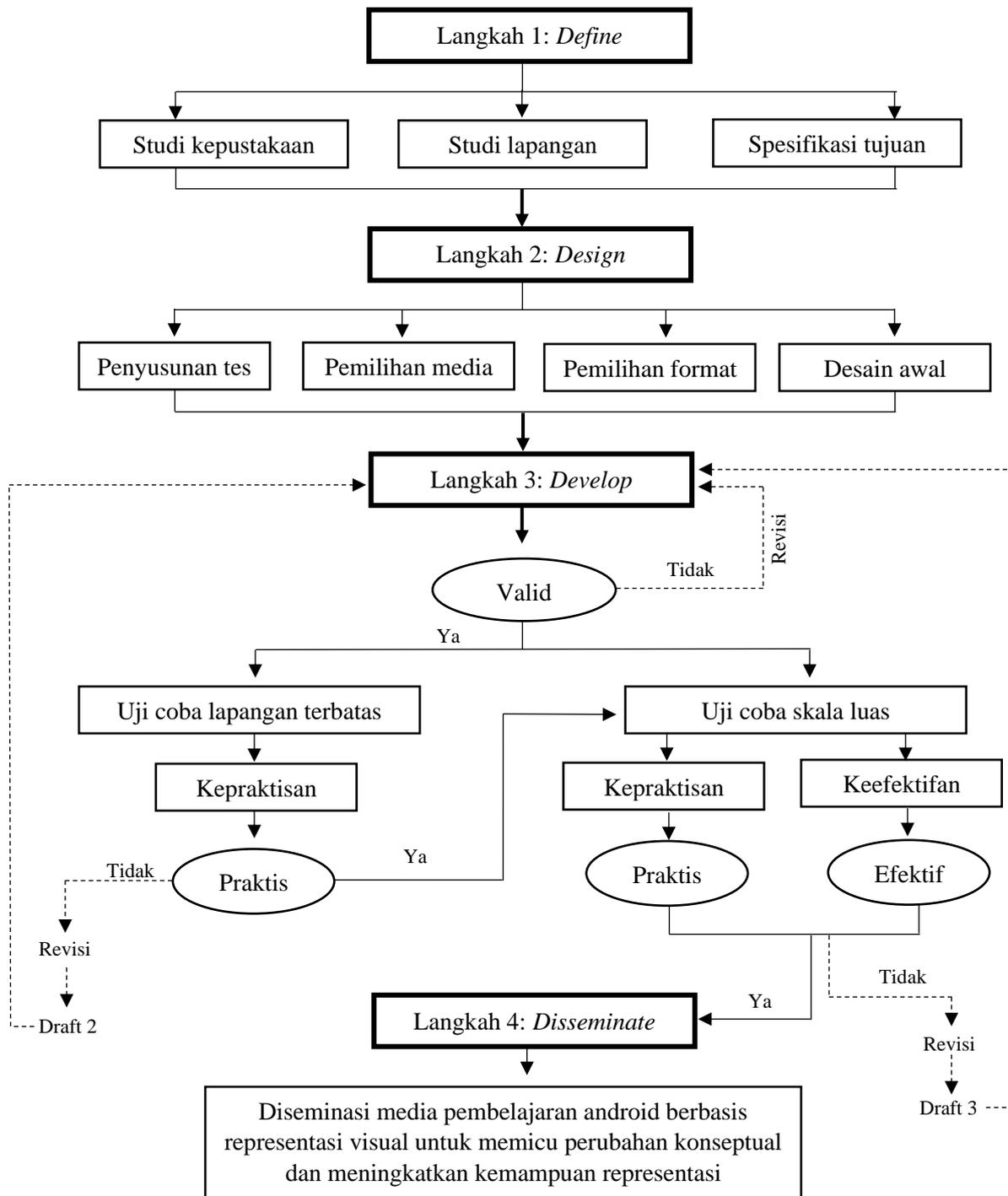
B. Subjek dan Lokasi Penelitian

Pemilihan subjek penelitian dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel kelas eksperimen berdasarkan penggunaan *smartphone android* dalam pembelajarannya. Oleh karena itu, penelitian ini melibatkan subjek peserta didik kelas VIII SMPIT Permata Bunda.

C. Prosedur Pengembangan

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4-D mengacu pada tahapan penelitian yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974). Tahapan penelitian pengembangan ini terdiri dari empat tahap, yaitu tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan diseminasi (*disseminate*) sebagai tahap akhir. Prosedur penelitian

dan pengembangan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Prosedur Pengembangan dengan Model 4-D

1. Tahap *Define* (Pendefinisian)

Tahap ini bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan yang diperlukan dalam pembelajaran IPA dengan memperhatikan perkembangan dari peserta didik, kurikulum, kondisi lingkungan sekolah, dan permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran terkait dengan media pembelajaran yang dikembangkan. Kegiatan pada tahap ini meliputi:

a. Studi kepustakaan

Tahap ini menghasilkan berbagai informasi untuk pengembangan media pembelajaran yang diperoleh dari kegiatan analisis awal melalui pengkajian terhadap penelitian-penelitian terkait dengan perubahan konseptual, kemampuan representasi, serta analisis terhadap Kompetensi Dasar terkait dengan konsep-konsep pada materi sistem peredaran darah.

b. Studi lapangan

Kegiatan penjangkaran informasi kepada pendidik IPA dan peserta didik SMP di Provinsi Lampung menggunakan angket analisis kebutuhan yang diberikan melalui *google form*. Hasil dari studi lapangan berupa informasi mengenai penggunaan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual di sekolah, perubahan konseptual, kemampuan representasi peserta didik dan kesulitan yang dialami peserta didik dalam pembelajaran IPA khususnya pada materi sistem peredaran darah. Data yang telah diperoleh digunakan sebagai pendukung dilakukannya pengembangan media pembelajaran android berbasis representasi visual.

c. Spesifikasi tujuan

Tahap ini menghasilkan perangkat pembelajaran melalui tahapan kegiatan, yaitu 1) melakukan analisis KI dan KD; 2) menentukan kedalaman dan keluasan dari materi; 3) menentukan indikator; dan 4) menyusun silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

2. Tahap *Design* (Perancangan)

Hasil dari tahap perancangan ini berupa rancangan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual. Rancangan media pembelajaran

disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik, serta keadaan sekolah. Tahap perancangan media pembelajaran ini meliputi:

a. Penyusunan tes (*Constructing criterion-referenced tests*)

Penyusunan tes dilakukan berdasarkan hasil analisis spesifikasi tujuan pembelajaran. Selain itu, penyusunan tes juga dilakukan dengan mempertimbangkan indikator kemampuan representasi dan perubahan konseptual.

b. Pemilihan media (*Media selection*)

Pemilihan media dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan peserta didik dan memperhatikan karakteristik materi. Pemilihan media berdasarkan hasil analisis konsep dan karakteristik peserta didik. Oleh karena itu, media yang dikembangkan adalah media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual.

c. Pemilihan format (*Format selection*)

Pemilihan format dilakukan pada pengembangan media pembelajaran android ini menggunakan berbagai macam bentuk representasi visual sesuai dengan konsep yang dipelajari.

d. Desain awal (*Initial design*)

Tahapan ini menghasilkan rancangan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual. Rancangan media pembelajaran diberi masukan oleh dosen pembimbing sehingga efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

3. Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan terbagi menjadi dua kegiatan, yaitu *expert appraisal* dan *developmental testing*. *Expert appraisal* adalah teknik untuk memvalidasi kelayakan rancangan produk oleh ahli dalam bidangnya. Adapun *developmental testing* adalah kegiatan uji coba rancangan produk pada sasaran subjek yang sesungguhnya (Thiagarajan *et al.*, 1974). Berikut ini langkah-langkah pada tahap *develop* media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual:

a. Validasi ahli (*Expert appraisal*)

Validasi konten materi dan media dari media pembelajaran android yang dikembangkan dilakukan oleh ahli media, ahli materi, serta praktisi pendidikan dengan pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun, sehingga kelayakan dari media pembelajaran yang dikembangkan diketahui.

b. *Developmental testing*

Developmental testing atau uji coba produk media pembelajaran android yang telah divalidasi oleh ahli dalam pembelajaran di kelas. Uji coba terdiri dari uji coba lapangan terbatas dan uji coba skala luas. Uji coba lapangan terbatas dilakukan terhadap 15 peserta didik untuk mengetahui kepraktisan penggunaan media pembelajaran yang dikembangkan. Adapun uji coba skala luas dilakukan untuk menguji keefektifan dari media pembelajaran yang dikembangkan dalam perubahan konseptual dan meningkatkan kemampuan representasi peserta didik. Uji coba dilakukan dengan desain *pretest-posttest non-equivalent control group design* (Creswell, 2012). Kelompok uji coba terdiri dari kelas eksperimen dan kelas kontrol yang mendapatkan perlakuan pembelajaran berbeda. Pemilihan sampel penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* untuk kelas eksperimen dan *simple random sampling* untuk kelas kontrol. Pengujian media pembelajaran ini dilakukan pada peserta didik kelas VIII Kapitan Patimura sebagai kelas eksperimen dan VIII Jenderal Sudirman sebagai kelas kontrol. Desain *pretest-posttest non-equivalent control group* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. *Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group*

Kelompok	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan:

O₁ dan O₃ : Pretes

O₂ dan O₄ : Postes

X₁ : Pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual

X₂ : Pembelajaran dengan menggunakan media *power point*

4. Tahap *Disseminate* (Penyebaran)

Setelah dilakukan pengujian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, selanjutnya dilakukan kegiatan pengemasan (*packaging*), difusi (*diffusion*), dan adopsi (*adoption*). Kegiatan ini dilakukan agar media pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh pendidik IPA lainnya. Produk media pembelajaran tersebut diunggah dan disimpan dalam *google drive* untuk disebarluaskan sehingga media pembelajaran tersebut dapat diserap serta digunakan oleh pendidik IPA lainnya.

D. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini terdiri dari angket, lembar skala, instrumen tes berupa pilihan ganda beralasan, uraian dan wawancara.

1. Instrumen studi pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait penelitian pengembangan yang dilakukan melalui angket kebutuhan pendidik dan peserta didik. Instrumen terdiri dari 12 pertanyaan untuk pendidik dan 10 pertanyaan untuk peserta didik dalam bentuk pertanyaan terbuka dan tertutup. Kisi-kisi instrumen analisis kebutuhan penelitian pengembangan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

2. Instrumen Validasi Produk

Instrumen validasi produk berupa angket yang diadaptasi dari Anggraeni & Kustijono (2013). Instrumen ini digunakan untuk memperoleh data dari ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan sebagai bahan evaluasi media pembelajaran yang dikembangkan. Kisi-kisi instrumen validasi produk dapat dilihat pada lampiran 7, 8, dan 9.

3. Instrumen Kepraktisan

Instrumen kepraktisan diberikan kepada pendidik dan peserta didik untuk mengetahui respon pendidik dan peserta didik terhadap media pembelajaran berbasis

android dan terintegrasi representasi visual. Lembar respon pendidik dan peserta didik terhadap media pembelajaran yang dikembangkan merupakan modifikasi dari Mulyanta & Leong (2009). Kisi-kisi instrumen kepraktisan media pembelajaran dapat dilihat pada Lampiran 11 dan 12.

4. Instrumen Tes

a. Perubahan Konseptual

Perubahan konseptual yang terjadi pada peserta didik diketahui melalui tes berupa pilihan ganda beralasan. Instrumen perubahan konseptual tersebut memerlukan penggunaan *Certainty of Response Index* (CRI), yaitu teknik mengukur tingkat keyakinan atau kepastian peserta didik dalam menjawab setiap pertanyaan. CRI terdiri dari skala 0-5 seperti yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Pilihan dan Kategori Certainty of Response Index (CRI)

Pilihan	Kategori
0	<i>Totally guessed answer</i> , jika menjawab soal dengan sepenuhnya menebak
1	<i>Almost a guess</i> , jika menjawab soal dengan hampir menebak
2	<i>Not sure</i> , jika dalam menjawab soal tidak yakin dan masih ada unsur menebak
3	<i>Sure</i> , jika dalam menjawab soal yakin tetapi masih ada unsur menebak
4	<i>Almost certain</i> , jika dalam menjawab soal hampir pasti, tetapi masih ada unsur menebak
5	<i>Certain</i> , jika dalam menjawab soal tidak ada unsur menebak atau pasti

Sumber: Hasan *et al.* (1999)

Pilihan CRI dikombinasikan dengan jawaban dari setiap pertanyaan sehingga diketahui posisi pemahaman peserta didik terhadap konsep yang terbagi menjadi *tahu konsep* (TK), *tidak tahu konsep* (TTK), dan *miskonsepsi* (MK). Pengelompokan tipe perubahan konsep dari kategori tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Matriks Pengambilan Keputusan Berdasarkan Jawaban dan CRI

Kriteria Jawaban	CRI Rendah (<2,5)	CRI Tinggi (>2,5)
Jawaban benar	Tidak tahu konsep (TTK)	Tahu konsep (TK)
Jawaban salah	Tidak tahu konsep (TTK)	Miskonsepsi (MK)

Sumber: Hasan *et al.* (1999)

Perubahan konseptual peserta didik yang telah dikelompokkan seperti pada tabel di atas dilanjutkan dengan pengelompokan berdasarkan tipe dan kategori perubahan konseptual dari Samsudin *et al* (2020) berikut.

Tabel 7. Tipe dan Kategori Perubahan Konseptual

Pretes	Postes	Tipe Perubahan	Kategori Perubahan	Interpretasi
TTK-PU	TK	<i>Reinterpretation (Ri)</i>	<i>Acceptable (A)</i>	<i>Satisfactory (S)</i>
MK	TK	<i>Revision (Rv)</i>		
TTK-NO	TK	<i>Construction (Co)</i>		
TK	MK	<i>Disorientation (Di)</i>	<i>Not Acceptable (NA)</i>	<i>Dissatisfactory (Ds)</i>
TK	TTK			
MK	TTK			
TTK	MK			
TK	TK	<i>Scientific conception (Sc)</i>	<i>No Change (NC)</i>	<i>Satisfactory (S)</i>
TTK	TTK	<i>Static (St)</i>		<i>Dissatisfactory (Ds)</i>
MK	MK			

Sumber: Samsudin *et al.* (2020)

b. Kemampuan Representasi

Instrumen pengukuran kemampuan representasi berupa soal uraian menggunakan indikator yang diadaptasi dari Kozma & Russel (2005). Uji tingkat validitas dan reliabilitas dari instrumen *pre-posttest* yang telah disusun dilakukan menggunakan program SPSS. Uji tersebut diperlukan sebagai prasyarat instrumen yang baik (Arikunto, 2016). Kriteria dari validitas instrumen tes dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah. Pengambilan keputusan validitas didasarkan pada nilai r_{hitung} dan r_{tabel} , yaitu:

- 1) Jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ maka data dinyatakan valid
- 2) Jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka data dinyatakan tidak valid

Tabel 8. Kriteria Validitas Instrumen Tes

Nilai r	Kriteria
0,81 – 1,00	Sangat Tinggi
0,61 – 0,80	Tinggi
0,41 – 0,60	Cukup
0,21 – 0,40	Rendah
0,00 – 0,20	Sangat Rendah

Sumber: Arikunto (2016)

Uji persyaratan lain yang dibutuhkan adalah uji reliabilitas. Suatu tes dapat dikatakan memiliki taraf kepercayaan yang tinggi jika tes memberikan hasil yang tetap walaupun diberikan berkali-kali (Arikunto, 2016). Pengujian reliabilitas pada penelitian ini menggunakan rumus *Cronbach's Alpha* (α) dengan kriteria berikut.

Tabel 9. Kriteria Reliabilitas Instrumen Tes

Koefisien Reliabilitas	Interpretasi
$0,80 \leq r \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r < 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r < 0,60$	Cukup
$0,20 \leq r < 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r < 0,20$	Sangat Rendah

Sumber: Arikunto (2016)

5. Instrumen Wawancara

Wawancara dilakukan kepada peserta didik yang belajar dengan menggunakan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual setelah menyelesaikan *posttest*. Wawancara yang dilakukan merupakan semi terstruktur dengan pedoman wawancara dimodifikasi dari Treagust & Duit (2008). Pedoman wawancara dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10. Pedoman Wawancara

No	Tujuan Khusus Penelitian	Pertanyaan Wawancara
1	Perasaan saat peserta didik belajar menggunakan aplikasi media pembelajaran	Bagaimana perasaan Anda saat belajar sistem peredaran darah menggunakan aplikasi media pembelajaran yang tersedia di <i>handphone</i> ?
2	Pemahaman mengenai sistem peredaran darah sebelum dan setelah belajar menggunakan aplikasi media pembelajaran	Bagaimana pemahaman Anda mengenai sistem peredaran darah? Coba jelaskan apa yang Anda ketahui tentang sistem peredaran darah?
3	Kegunaan mempelajari sistem peredaran darah	Menurut Anda, apakah mempelajari sistem peredaran darah ini berguna bagi kehidupan Anda?
4	Kebermanfaatan aplikasi media pembelajaran dalam melatih kemampuan representasi	Menurut Anda, apakah aplikasi media pembelajaran ini dapat melatih Anda untuk membuat gambar, grafik, tabel, dan bentuk visual lainnya?
5	Saran untuk perkembangan aplikasi media pembelajaran	Apakah ada saran dari Anda untuk aplikasi media pembelajaran ini?

E. Teknik Analisis Data

Teknis analisis data yang digunakan pada penelitian pengembangan media pembelajaran android berbasis representasi visual ini adalah sebagai berikut.

1. Teknik Analisis Data Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan dilakukan analisis terhadap data hasil angket analisis kebutuhan yang telah diisi oleh pendidik dan peserta didik melalui *google*

form. Data diolah dalam bentuk persentase kemudian dideskripsikan dan diinterpretasikan secara kualitatif. Berikut ini kegiatan yang dilakukan dalam analisis data studi pendahuluan:

- a. Klasifikasi data dengan cara mengelompokkan jawaban berdasarkan butir pertanyaan.
 - b. Tabulasi data untuk memberikan gambaran frekuensi dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket dan banyaknya sampel pada penelitian.
 - c. Perhitungan frekuensi jawaban sehingga diperoleh informasi tentang banyaknya jawaban yang dipilih dalam setiap pertanyaan.
 - d. Perhitungan persentase jawaban pada setiap pertanyaan pada angket sebelum melakukan interpretasi data.
2. Teknik Analisis Data Validitas Produk

Validasi produk media pembelajaran android berbasis representasi visual dilakukan oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan.

- a. Penskoran pada lembar skala uji validitas seperti pada tabel berikut.

Tabel 11. Skala Likert pada Uji Validitas Produk

Skor	Kategori
5	Sangat baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang
1	Sangat kurang

- b. Perhitungan persentase menggunakan rumus berikut.

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

- c. Penafsiran terhadap persentase validasi produk menggunakan tafsiran berikut.

Tabel 12. Kriteria Validitas Media Pembelajaran

Persentase (%)	Kategori
80,10 – 100	Sangat valid
60,10 – 80	Valid
40,10 – 60	Cukup valid
20,10 – 40	Kurang valid
0,00 – 20	Tidak valid

Sumber: Arikunto (2011)

3. Teknik Analisis Data Kepraktisan Produk

Data kepraktisan produk diperoleh melalui pengisian lembar angket kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaatan media pembelajaran yang diisi oleh pendidik dan peserta didik. Selain itu, data kepraktisan juga diperoleh melalui observasi terhadap keterlaksanaan rencana pembelajaran yang dilakukan oleh dua observer.

a. Angket kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaatan

Data kepraktisan diperoleh dari lembar kepraktisan yang diisi oleh pendidik dan peserta didik kemudian dilakukan perhitungan persentase menggunakan rumus berikut.

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

Hasil perhitungan persentase tersebut dikonversi dengan kriteria tingkat kepraktisan yang diadaptasi dari Arikunto (2011) seperti pada tabel berikut.

Tabel 13. Kriteria Kepraktisan Media Pembelajaran

Persentase (%)	Kategori
80,10 – 100	Kepraktisan sangat tinggi/ sangat praktis
60,10 – 80	Kepraktisan tinggi/ praktis
40,10 – 60	Kepraktisan sedang/ cukup praktis
20,10 – 40	Kepraktisan rendah/ kurang praktis
0,00 – 20	Kepraktisan sangat rendah/ tidak praktis

Jika kepraktisan mendapatkan hasil lebih dari 60% maka media pembelajaran tersebut memenuhi kriteria kepraktisan dan dapat digunakan untuk kegiatan pembelajaran.

b. Observasi keterlaksanaan pembelajaran

Data keterlaksanaan pembelajaran dihitung persentasenya menggunakan rumus di bawah ini. Hasil perhitungan persentase dikonversi sesuai kriteria yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2003). Kriteria keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 14 berikut.

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

Tabel 14. 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

4. Teknik Analisis Data Uji Keefektifan Produk

Analisis data uji keefektifan dari produk media pembelajaran pada penelitian ini menggunakan data hasil *pretest-posttest* peserta didik yang telah dilakukan sebelum dan sesudah pembelajaran.

a. Uji Efektivitas

Pengujian efektivitas media pembelajaran baik untuk perubahan konseptual maupun kemampuan representasi dilakukan dengan cara berikut.

1) Perhitungan nilai

Perhitungan nilai pretes dan postes perubahan konseptual dan kemampuan representasi menggunakan rumus berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah skor benar}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100$$

Perhitungan *N-gain* diperoleh dengan menggunakan skor pretes dan postes pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perhitungan *N-gain* dapat menggunakan rumus berikut.

$$n - \text{gain} = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor maks} - \text{skor pretes}}$$

Nilai *N-gain* yang telah diperoleh tersebut diinterpretasikan sesuai dengan kriteria berikut ini.

Tabel 15. Interpretasi *N-gain*

Gain	Interpretasi
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Sumber: Hake (2002)

2) Pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji *Independent Sample T-Test* dan *Mann-Whitney U* untuk mengetahui perbedaan antara perubahan konseptual dan kemampuan representasi peserta didik yang belajar menggunakan media pembelajaran android berbasis representasi visual dan tidak belajar dengan menggunakan media pembelajaran tersebut. Uji *Independent Sample T-Test* dapat dilakukan jika memenuhi persyaratan normalitas dan homogenitas sehingga untuk data yang tidak berdistribusi normal maka pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan *Mann-Whitney U*.

a). Hipotesis perubahan konseptual

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata perubahan konseptual peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

H_1 = Ada perbedaan rata-rata perubahan konseptual peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

b). Hipotesis kemampuan representasi

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata kemampuan representasi peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

H_1 = Ada perbedaan rata-rata kemampuan representasi peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria pengambilan keputusan pada uji *Independent Sample T-Test* sebagai berikut.

Jika nilai sig. < 0,05, maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. > 0,05, maka H_0 diterima

Kriteria pengambilan keputusan pada uji *Mann-Whitney U* sebagai berikut.

Jika nilai sig. < 0,05, maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. > 0,05, maka H_0 diterima

Uji prasyarat yang harus dilakukan sebelum melakukan uji hipotesis *Independent Sample T-Test*, yaitu:

a) Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan salah satu prasyarat untuk dapat dilakukannya *Independent Sample T-Test*. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran distribusi data yang terpilih berasal dari sebuah distribusi populasi normal atau tidak normal. Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* yang terdapat pada program SPSS. Hipotesis pada uji normalitas, yaitu:

H_0 = Data berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

H_1 = Data berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

Kriteria pengambilan keputusan pada uji normalitas sebagai berikut.

Jika nilai sig. < 0,05, maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. > 0,05, maka H_0 diterima

b) Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan salah satu prasyarat untuk dapat dilakukannya *Independent Sample T-Test*. Uji homogenitas bertujuan mengetahui bahwa sampel memiliki varians yang homogen. Pada penelitian ini, uji homogenitas dilakukan menggunakan uji *Levene test* yang terdapat pada program SPSS. Hipotesis pada uji normalitas, yaitu:

H_0 = Sampel mempunyai varians sama.

H_1 = Sampel mempunyai varians berbeda.

Kriteria pengambilan keputusan pada uji homogenitas sebagai berikut.

Jika nilai sig. < 0,05, maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. > 0,05, maka H_0 diterima

3) Uji *Effect size*

Uji *effect size* digunakan untuk mengukur besarnya efek suatu variabel terhadap variabel lain. Besar efek media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual terhadap perubahan konseptual dan peningkatan kemampuan representasi peserta didik. Besarnya nilai *effect size* diinterpretasikan menggunakan kategori *Cohen's d* yang diadaptasi dari Becker (2000) berikut.

Tabel 16. Kategori Effect Size

<i>Effect Size</i>	Kategori
$d \geq 0,80$	Besar
$0,50 < d \leq 0,80$	Sedang
$d \geq 0,50$	Kecil

b. Analisis Data Perubahan Konseptual

Data perubahan konseptual diperoleh dari hasil jawaban peserta didik terhadap pertanyaan pilihan ganda yang dilengkapi dengan bantuan lembar CRI pada setiap pertanyaan. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis perubahan konseptual peserta didik:

- 1) Memberikan skor 1 pada setiap jawaban peserta didik yang benar dan skor 0 pada setiap jawaban peserta didik yang salah
- 2) Melihat CRI peserta didik dan mengelompokkannya sesuai kategori *tidak tahu konsep* (TTK), *tahu konsep* (TK), dan *miskonsepsi* (MK). *Tidak tahu konsep* (TTK) jika jawaban salah dengan CRI rendah dan jika jawaban benar dengan CRI rendah, *tahu konsep* (TK) jika jawaban benar dengan CRI tinggi, dan *miskonsepsi* (MK) jika jawaban salah dengan CRI tinggi.
- 3) Menghitung persentase berdasarkan kategori TTK, TK, dan MK baik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan rumus berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah peserta didik tiap kategori}}{\text{Total}} \times 100\%$$

- 4) Membuat grafik perbandingan untuk membandingkan persentase kelompok peserta didik berdasarkan kategori TTK, TK, dan MK sebelum dan setelah dilakukan pembelajaran menggunakan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual.
- 5) Menghitung jumlah peserta didik yang mengalami perubahan konseptual tipe Rv, Ri, Co, Di, Sc, dan St baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen.
- 6) Menghitung persentase masing-masing tipe perubahan konseptual, yaitu Rv, Ri, Co, Di, Sc, dan St menggunakan rumus berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah peserta didik tiap tipe}}{\text{Total}} \times 100\%$$

- 7) Membuat grafik perbandingan untuk membandingkan persentase tipe perubahan konseptual antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.
- 8) Menghitung persentase kategori perubahan konsep yang diterima (*Acceptable*), ditolak (*Not Acceptable*), dan tidak ada perubahan (*No Change*).
- 9) Membandingkan persentase kategori perubahan konseptual diterima (*Acceptable*), ditolak (*Not Acceptable*), dan tidak ada perubahan (*No Change*) pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.
- 10) Menghitung persentase peserta didik yang mengalami perubahan konseptual memuaskan (*Satisfactory*) dan kurang memuaskan (*Dissatisfactory*).
- 11) Membandingkan persentase perubahan konseptual yang terjadi pada peserta didik kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

c. Analisis Data Kemampuan Representasi

Data kemampuan representasi diperoleh dari hasil jawaban peserta didik terhadap pertanyaan uraian yang telah disesuaikan dengan indikator kemampuan representasi. Cara menganalisis data kemampuan representasi sebagai berikut.

- 1). Memberikan skor 0-5 yang menunjukkan level kemampuan representasi peserta didik pada setiap jawaban untuk masing-masing konsep.
- 2). Membuat grafik level kemampuan representasi peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol baik sebelum maupun sesudah pembelajaran.
- 3). Menghitung jumlah peningkatan level kemampuan representasi dan penurunan level kemampuan representasi peserta didik baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol.
- 4). Membuat tabel perbandingan kenaikan level kemampuan representasi peserta didik antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual dapat disimpulkan sebagai berikut, yaitu:

1. Aplikasi media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan valid dengan kategori sangat valid baik oleh ahli media, ahli materi, dan praktisi pendidikan untuk digunakan dalam pembelajaran IPA materi sistem peredaran darah.
2. Aplikasi media pembelajaran yang dikembangkan praktis digunakan dalam pembelajaran karena capaian keterlaksanaan pembelajaran yang sangat tinggi serta kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaat aplikasi yang sangat tinggi.
3. Aplikasi media pembelajaran yang dikembangkan efektif dalam perubahan konseptual dengan *N-gain* tinggi dan memiliki pengaruh besar terhadap pembentukan perubahan konseptual. Aplikasi media pembelajaran ini juga efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi dengan kategori *N-gain* sedang dan memiliki pengaruh yang besar terhadap kemampuan representasi peserta didik.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual, maka terdapat saran sebagai berikut, yaitu:

1. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian ini dapat mengembangkan aplikasi media pembelajaran terintegrasi representasi visual yang dapat digunakan baik pada program android maupun IOS untuk materi-materi IPA lainnya yang memiliki karakteristik materi abstrak dan kompleks.

2. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian ini perlu memperhatikan karakteristik peserta didik dan karakteristik materi saat akan melakukan pengembangan produk sehingga dapat memilih elemen representasi visual yang sesuai. Selain itu, peneliti perlu memperhitungkan alokasi waktu yang dibutuhkan peserta didik serta langkah-langkah pembelajaran agar penggunaan aplikasi media pembelajaran di kelas optimal.
3. Bagi peneliti selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi media pembelajaran sistem peredaran darah yang dapat mengurangi miskonsepsi pada konsep darah dan mekanisme peredaran darah.
4. Bagi pendidik yang akan menerapkan aplikasi media pembelajaran berbasis android dan terintegrasi representasi visual ini perlu memahami bahwa identifikasi pemahaman awal peserta didik penting dilakukan agar pendidik bisa memberikan bimbingan kepada peserta didik dalam belajar menggunakan aplikasi tersebut. Selain itu, pendidik dapat menggunakan LKPD sebagai bantuan belajar peserta didik di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, R. D., & Wulan, D. R. 2019. Implementation of Web Assembly Technology as Visual Learning Media to help High School Students in Human Body System Learning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022124>
- Ainiyah, M., Ibrahim, M., & Hidayat, M. T. 2018. The Profile of Student Misconceptions on The Human and Plant Transport Systems The Profile of Student Misconceptions on The Human and Plant Transport Systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 947, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012064>
- Anggraeni, R. D., & Kustijono, R. 2013. Pengembangan Media Animasi Fisika pada Materi Cahaya dengan Aplikasi Flash Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*, 3(1), 11–18.
- Amin, T. G., & Levrini, O. 2018. *Converging Perspectives on Conceptual Change*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315467139>
- Arikunto, S. 2011. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara. Jakarta.
- _____. 2016. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan* (2nd ed.). Bumi Aksara. Jakarta.
- Arista, F. S., & Kuswanto, H. 2018. Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a>
- Asterhan, C. S. C., & Dotan, A. 2018. Feedback that corrects and contrasts students' erroneous solutions with expert ones improves expository instruction for conceptual change. *Instructional Science*, 46(3), 337–355. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9441-1>
- Asterhan, C. S. C., & Resnick, M. S. 2020. Refutation texts and argumentation for conceptual change: A winning or a redundant combination? *Learning and Instruction*, 65(November 2018), 101265. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101265>
- Astuti, I. A. D., Dasmu, D., Nurullaeli, N., & Rangka, I. B. 2018. The impact of pocket mobile learning to improve critical thinking skills in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1114(1), 0–5.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012030>

- Ausubel, D. P. 1968. *Educational Psychology: a cognitive view*. Holt, Reinhart and Winston. New York.
- Bada, & Olusegun. 2015. Constructivism: A Paradigm for Teaching and Learning. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 6(4), 66–70.
<https://doi.org/10.4172/2151-6200.1000200>
- Bano, M., Zowghi, D., Kearney, M., Schuck, S., & Aubusson, P. 2018. Mobile learning for science and mathematics school education: A systematic review of empirical evidence. *Computers & Education*, 121, 30–58.
<https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.02.006>
- Becker, L. A. 2000. *Effect Size Measure for Two Independent Groups*. *Effect Size*.
<https://doi.org/10.4135/9781412983907.n624>
- Bernacki, M. L., Greene, J. A., & Crompton, H. 2020. Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education. *Contemporary Educational Psychology*, 60, 101827. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101827>
- Braithwaite, D. W., & Goldstone, R. L. 2015. Effects of Variation and Prior Knowledge on Abstract Concept Learning. *Cognition and Instruction*, 33(3), 226–256. <https://doi.org/10.1080/07370008.2015.1067215>
- Bruner, J. S. 1977. *The Process of Education: A Landmark in Educational Theory*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674028999-006>
- Carney, R. N., & Levin, J. R. 2002. Pictorial illustrations Still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5–26.
<https://doi.org/10.1023/A:1013176309260>
- Carolan, J., Prain, V., & Waldrip, B. 2008. Using representations for teaching and learning in science. *Teaching Science*, 54(1), 18–23.
- Chaifa, D. E., Diantoro, M., & Mahanal, S. 2017. Profil Kemampuan Representasi Peserta Didik Smp Pada Materi Interaksi Mahluk Hidup Dengan Lingkungan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek II*, 628–636.
- Chen, X., de Goes, L. F., Treagust, D. F., & Eilks, I. 2019. An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different chinese communities. *Education Sciences*, 9(1).
<https://doi.org/10.3390/educsci9010042>
- Chi, M. T. H. 2008. Three types of conceptual change. *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 61–82.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203874813-9/three-types-conceptual-change-belief-revision-mental-model-transformation-categorical-shift-michelene-chi>
- Clark, R. G., & Mayer, R. E. 2008. *e-Learning and Science of Instruction: Proven Guidelines for consumers and Sesigns of Multimedia Learning 2nd Edition*

(2nd ed.). Pfeiffe.

- Craig, J. 2012. *Six Steps for Implementing 21st Century Skills*. Onondaga-Cortland-Madison. BOCES.
- Creswell, J. W. 2012. *Educational Research* (4th ed.). Pearson. Boston
- Criollo-C, S., Lujan-Mora, S., & Jaramillo-Alcazar, A. 2018. Advantages and disadvantages of m-learning in current education. *EDUNINE 2018 - 2nd IEEE World Engineering Education Conference: The Role of Professional Associations in Contemporaneous Engineer Careers, Proceedings*.
<https://doi.org/10.1109/EDUNINE.2018.8450979>
- Dahar, R. W. 2006. *Teori-Teori Belajar dan Pembelajaran*. Erlangga. Bandung.
- Dasilva, B. E., Ardiyati, T. K., Suparno, Sukardiyono, Eveline, E., Utami, T., & Ferty, Z. N. 2019. Development of Android-Based Interactive Physics Mobile Learning Media (IPMLM) with Scaffolding Learning Approach to Improve HOTS of high school students in Indonesia. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 659–681.
<https://doi.org/10.17478/JEGYS.610377>
- Diani, R., Alfin, J., Anggraeni, Y. M., Mustari, M., & Fujiani, D. 2019. Four-Tier Diagnostic Test with Certainty of Response Index on the Concepts of Fluid. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012078>
- Dunaway, K. 2011. Connectivism: Learning theory and pedagogical practice for networked information landscapes. *Reference Services Review*, 39(4), 675–685. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/00907321111186686>
- Dziubaniuk, O., Ivanova-Gongne, M., & Nyholm, M. 2023. Learning and teaching sustainable business in the digital era: a connectivism theory approach. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00390-w>
- Eilam, B., & Gilbert, J. K. 2014. *The Significance of Visual Representations in the Teaching of Science*. 3–28. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7_1
- Elviana, D., & Julianto, J. 2022. Pengembangan Media Smart Apps Creator (SAC) Berbasis Android Pada Materi Suhu Dan Kalor Mata Pelajaran IPA Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 10(04), 746–760.
- Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. D. 2021. Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(17).
https://doi.org/10.1073/PNAS.2022376118/SUPPL_FILE/PNAS.2022376118.SAPP.PDF
- Eshach, H., Lin, T. C., & Tsai, C. C. 2018. Misconception of sound and conceptual change: A cross-sectional study on students' materialistic thinking of sound. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 664–684.

<https://doi.org/10.1002/tea.21435>

- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. 2015. The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to ‘seeing’ how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S40594-015-0024-X/FIGURES/6>
- Faizah, K. 2016. Miskonsepsi dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan, Komunikasi Dan Pemikiran Hukum Islam*, VIII(1), 115–128. <https://ejournal.iaida.ac.id/index.php/darussalam/article/view/10>
- Fatmawati, A., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Sutopo, S. 2022. Representation Skills of Students with Different Ability Levels when Learning Using the LCMR Model. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 13(1), 177–192. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.01.20>
- Finegold, D., & Notabartolo, A. 2010. 21st-Century Competencies and Their Impact: an Interdisciplinary Literature Review. *Research on 21st Century Competencies, National Research Council*, 1–50. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract%5Cnhttp://www7.national-academies.org/bota/Finegold_Notabartolo_Impact_Paper.pdf
- Flaig, M., Simonsmeier, B. A., Mayer, A. K., Rosman, T., Gorges, J., & Schneider, M. 2018. Conceptual change and knowledge integration as learning processes in higher education: A latent transition analysis. *Learning and Individual Differences*, 62(December 2017), 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.12.008>
- Gilbert, J. K. 2010. The role of visual representations in the learning and teaching of science : An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1–20.
- Gilbert, J., & Treagust, D. 2009. Models and Modeling in Science Education. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Gnidovec, T., Žemlja, M., Dolenc, A., & Torkar, G. 2020. Using Augmented Reality and the Structure–Behavior–Function Model to Teach Lower Secondary School Students about the Human Circulatory System. *Journal of Science Education and Technology* 2020 29:6, 29(6), 774–784. <https://doi.org/10.1007/S10956-020-09850-8>
- Goldie, J. G. S. 2016. Connectivism: A knowledge learning theory for the digital age? *Medical Teacher*, 38(10), 1064–1069. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1173661>
- Görg, C., Pohl, M., Qeli, E., & Xu, K. 2007. Visual Representations. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 163–230). https://doi.org/10.1007/978-3-540-71949-6_4
- Grant, M. M. 2019. Difficulties in defining mobile learning: analysis, design characteristics, and implications. *Educational Technology Research and*

- Development*, 67(2), 361–388. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-09641-4>
- Grospietsch, F., & Mayer, J. 2018. Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8(3), 1–23. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Hake, R. R. 2002. Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on Mathematics and Spatial Visualization. *Physics Education Research Conference*, 8(August 2002), 1–14. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=10EI2q8AAAAJ&citation_for_view=10EI2q8AAAAJ:IjCSPb-OGe4C
- Halin, D., Ashidiq, W., Ristanto, R. H., & Miarsyah, M. 2020. *Developing Adobe Flash-Based Interactive Instructional Media to Improve Students' Competencies*. 3(2), 34–43.
- Haroky, F., Nikmah, S., Wilujeng, I., Jumadi, & Kuswanto, H. 2019. Android-Assisted Physics Comic Learning to Train Students' Conceptual Understanding of Newton's Gravity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012045>
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. 1999. Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/34/5/304>
- Henderson, M., Ryan, T., Boud, D., Dawson, P., Phillips, M., Molloy, E., & Mahoney, P. 2021. The usefulness of feedback. *Active Learning in Higher Education*, 22(3), 229–243. <https://doi.org/10.1177/1469787419872393>
- Hendricks, G. P. 2019. Connectivism as a Learning Theory and Its Relation to Open Distance Education. *Progressio*, 41(1). <https://doi.org/10.25159/2663-5895/4773>
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. 1983. Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731–743. <https://doi.org/10.1002/TEA.3660200804>
- Hidayatulloh, W., Kuswanto, H., Santoso, P. H., Susilowati, E., & Hidayatullah, Z. 2021. Exploring Students' Misconception in the Frame of Graphic and Figural Representation on Projectile Motion Regarding to the COVID-19 Constraints. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(3), 243. <https://doi.org/10.26737/jipf.v6i3.2157>
- Honebein, P. C. 1996. Seven Goals for The Design of Constructivist Learning Environments. In *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*. (pp. 11–24).
- Hsieh, W. M., & Tsai, C. C. 2017. Taiwanese high school teachers' conceptions of mobile learning. *Computers and Education*, 115, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.013>

- Hwang, G. J., Lai, C. L., Liang, J. C., Chu, H. C., & Tsai, C. C. 2017. A long-term experiment to investigate the relationships between high school students' perceptions of mobile learning and peer interaction and higher-order thinking tendencies. *Educational Technology Research and Development* 2017 66:1, 66(1), 75–93. <https://doi.org/10.1007/S11423-017-9540-3>
- Ibrahim, B., & Rebello, N. S. 2013. Role of mental representations in problem solving: Students' approaches to nondirected tasks. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020106>
- Inaltekin, T., & Goksu, V. 2019. A Research on Visual Learning Representations of Primary and Secondary Science Textbooks in Turkey. *International Journal of Progressive Education*, 15(6), 51–65. <https://doi.org/10.29329/IJPE.2019.215.4>
- Ismail, A., Festiana, I., Hartini, T. I., Yusal, Y., & Malik, A. 2019. Enhancing students' conceptual understanding of electricity using learning media-based augmented reality. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032049>
- Johnson, B., & Činčera, J. 2019. Development of the ecological concepts of energy flow and materials cycling in middle school students participating in earth education programs. *Studies in Educational Evaluation*, 63(October 2018), 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.08.003>
- Jonassen, D., Strobel, J., & Gottdenker, J. 2007. Model building for conceptual change. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/10494820500173292](http://Dx.Doi.Org/10.1080/10494820500173292), 13(1–2), 15–37. <https://doi.org/10.1080/10494820500173292>
- Kaukaba, S. Q., & Lutfi, A. 2022. ABC - Acid and Base Chemistry: An Android Mobile Learning Media to Improve Students' Learning Outcomes and Motivation. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 6(2), 77–92. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v6i2.737>
- Kaya, Z., Kaya, O. N., Aydemir, S., & Ebenezer, J. 2021. Knowledge of Student Learning Difficulties as a Plausible Conceptual Change Pathway Between Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09971-5>
- Keller, D., & Utech, J. 2019. Becoming relevant again: Applying connectivism learning theory to today's classrooms. *Critical Questions in Education*, 10(2), 107–119. <https://www.edx.org/>,
- Kennedy, I. G., Latham, G., & Jacinto, H. 2016. *Education Skills for 21st Century Teachers*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22608-8>
- Khan, M. J., & Ahmed, J. 2021. Child education in the time of pandemic: Learning loss and dropout. *Children and Youth Services Review*, 127, 106065. <https://doi.org/10.1016/J.CHILDYOUTH.2021.106065>
- Klimova, B. 2019. Impact of mobile learning on students' achievement results. *Education Sciences*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/educsci9020090>

- Kocakoyun, S., & Bicen, H. 2017. Development and evaluation of educational android application. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 12(2), 58–68. <https://doi.org/10.18844/cjes.v12i2.1938>
- Kop, R., & Hill, A. 2008. Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 9(3). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v9i3.523>
- Kozma, R., & Russell, J. 2005. Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In *Visualization in Science Education* (pp. 121–145). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8
- Kropf, D. C. 2013. Connectivism: 21st Century's New Learning Theory. *European Journal of Open, Distance and e-Learning*, 16(2), 13–24. <http://waldenu.edu/>
- Kumar, B. A., & Goundar, M. S. 2019. Usability heuristics for mobile learning applications. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1819–1833. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09860-z>
- Kurniawan, Y., Mulyani, R., & Nassim, S. 2019. Digital Story Conceptual Change Oriented (DSCC) to Reduce Students' Misconceptions in Physics. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 8(2), 211–220. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v0i0.4596>
- Lee, N. Y., & Tucker-Kellogg, G. 2020. An accessible, open-source mobile application for macromolecular visualization using augmented reality. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(3), 297–303. <https://doi.org/10.1002/BMB.21335>
- Lehtinen, E., Gegenfurtner, A., Helle, L., & Säljö, R. 2020. Conceptual change in the development of visual expertise. *International Journal of Educational Research*, 100(February), 101545. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101545>
- Lestari, I. D., Yuliati, L., & Suwono, H. 2018. Kemampuan Representasi Siswa SMP dalam The 5E Learning Cycle dengan Reflective Self Assessment pada Materi Kalor. *Jurnal Pendidikan Teori Penelitian Dan Pengembangan*, 165–173.
- Li, X., Li, Y., & Wang, W. 2023. Long-Lasting Conceptual Change in Science Education. In *Science & Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00288-x>
- Liaw, H., Yu, Y. R., Chou, C. C., & Chiu, M. H. 2021. Relationships between Facial Expressions, Prior Knowledge, and Multiple Representations: a Case of Conceptual Change for Kinematics Instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 227–238. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09863-3>
- Liliarti, N., & Kuswanto, H. 2018. Improving the competence of diagrammatic and argumentative representation in physics through android-based mobile learning application. *International Journal of Instruction*, 11(3), 106–122. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1138a>

- Liono, R. A., Amanda, N., Pratiwi, A., & Gunawan, A. A. S. 2021. A Systematic Literature Review: Learning with Visual by The Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better. *Procedia Computer Science*, 179, 144–152. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2020.12.019>
- Liu, M., Scordino, R., Geurtz, R., Navarrete, C., Ko, Y., & Lim, M. 2014. A look at research on mobile learning in K-12 education from 2007 to the present. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(4), 325–372. <https://doi.org/10.1080/15391523.2014.925681>
- Lohse, G. L., Biolsi, K., Walker, N., & Rueter, H. H. 1994. A Classification of Visual Representations. *Communications of the ACM*, 37(12), 36–49. <https://doi.org/10.1145/198366.198376>
- Mardiana, N., & Kuswanto, H. 2017. Android-assisted physics mobile learning to improve senior high school students' divergent thinking skills and physics HOTS. *AIP Conference Proceedings*, 1868(August). <https://doi.org/10.1063/1.4995181>
- Mayer, R. E. 2016. Cognitive Theory of Multimedia Learning The Case for Multimedia Learning. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31–47). University of Cambridge. Cambridge.
- McLeod, G. 2003. Learning Theory and Instructional Design. *Learning Matters*, 2, 35–43.
- McLure, F., Won, M., & Treagust, D. F. 2020a. A sustained multidimensional conceptual change intervention in grade 9 and 10 science classes. *International Journal of Science Education*, 42(5), 703–721. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1725174>
- McLure, F., Won, M., & Treagust, D. F. 2020b. Students' understanding of the emergent processes of natural selection: the need for ontological conceptual change. *International Journal of Science Education*, 42(9), 1485–1502. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1767315>
- Meltzer, D. E. 2005. Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463–478. <https://doi.org/10.1119/1.1862636>
- Mota, A. R. L., & Santos, J. L. 2018. Investigating students' conceptual change about colour in an innovative research-based teaching sequence. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 23(1), 95. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p95>
- Muhajirah. 2020. Basic of Learning Theory (Behaviorism, Cognitivism, Constructivism, and Humanism). *International Journal of Asian Education*, 01(1), 37–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.46966/ijae.v1i1.23>
- Mulyanta, S., & Leong, M. 2009. *Tutorial Membangun Multimedia Interaktif: Media Pembelajaran*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Mushthofa, Z., Rusilowati, A., Marwoto, P., & Naini Mindyarto, B. 2020.

- Misconception Profile of Newton's Law Concept Using Certainty of Response Index (CRI) Physics Communication. *Physics Communication*, 4(2), 5–12. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/pc>
- Nadelson, L. S., Heddy, B. C., Jones, S., Taasobshirazi, G., & Johnson, M. 2018. Conceptual change in science teaching and learning: Introducing the dynamic model of conceptual change. *International Journal of Educational Psychology*, 7(2), 151–195. <https://doi.org/10.17583/ijep.2018.3349>
- Nikolopoulou, K. 2018. Mobile learning usage and acceptance: perceptions of secondary school students. *Journal of Computers in Education*, 5(4), 499–519. <https://doi.org/10.1007/s40692-018-0127-8>
- Ningsih, S., & Adesti, A. 2020. *Android-Based Mobile Learning: Its Effect on Students' Learning Achievement*. <https://doi.org/10.2991/ASSEHR.K.200323.099>
- Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., & Prechtel, H. 2014. Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction*, 31, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.003>
- Niu, S. J., Niemi, H., Harju, V., & Pehkonen, L. 2021. Finnish student teachers' perceptions of their development of 21st-century competencies. *Journal of Education for Teaching*, 47(5), 638–653. <https://doi.org/10.1080/02607476.2021.1951602>
- Nugroho, I. R., Wilujeng, I., & Prasetyo, Z. K. 2023. Mobile Learning Research Trends in Indonesia: A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 356–365. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3073>
- Oliver, K. M. 2000. Methods for Developing Constructivism Learning on The Web. *Educational Technology*, 40(6).
- Osman, C., & Hasan, Ö. 2011. The Influence of Visual Representations and Context on Mathematical Word Problem Solving. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(30), 91–100. Visual representations, Context, Problem solving
- Osman, S., & Napeah, R. 2021. A visual pattern of two decades of literature on mobile learning: A bibliometric analysis. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(10), 291–312. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.10.16>
- Özgür, S. 2013. The persistence of misconceptions about the human blood circulatory system among students in different grade levels. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(2), 255–268. <https://doi.org/10.12973/ijese.2013.206a>
- Pahlifi, D. M., & Fatharani, M. 2019. Android-based learning media on human respiratory system material for high school students. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 109–116. <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.25111>

- Paivio, A. 2006. Dual Coding Theory and Education. *Pathways to Literacy Achievement for High Poverty Children*, 1–20.
- Paivio, A. 2008. Mental Representations: A dual coding approach. In *Mental Representations: A Dual Coding Approach*.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195066661.001.0001>
- Park, Y. 2011. A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(2), 78–102.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i2.791>
- Patriot, E. A., Suhandi, A., & Chandra, D. T. 2018. Optimize scientific communication skills on work and energy concept with implementation of interactive conceptual instruction and multi representation approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012029>
- Pelaez, N. J., Boyd, D. D., Rojas, J. B., & Hoover, M. A. 2005. Prevalence of blood circulation misconceptions among prospective elementary teachers. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 29(3), 172–181. <https://doi.org/10.1152/advan.00022.2004>
- Philips, D. C. 1995. The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism. *Educational Researcher*, 24(7), 5–12.
- Piaget, J. 1952. *The Origins of Intelligence in children*. International University Press. New York.
- Piaget, J. 1964. Development and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176–186. <https://doi.org/10.1002/tea.3660020306>
- Piaget, J. 2003. *The Psychology of Intelligence* (2nd ed.). Routledge Classics. New York.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. 1982. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Potvin, P., Nenciovici, L., Malenfant-Robichaud, G., Thibault, F., Sy, O., Mahhou, M. A., Bernard, A., Allaire-Duquette, G., Blanchette Sarrasin, J., Brault Foisy, L. M., Brouillette, N., St-Aubin, A. A., Charland, P., Masson, S., Riopel, M., Tsai, C. C., Bélanger, M., & Chastenay, P. 2020. Models of conceptual change in science learning: establishing an exhaustive inventory based on support given by articles published in major journals. *Studies in Science Education*, 56(2), 157–211.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1744796>
- Prabha, S. 2020. Students' Views on Difficulties in Conceptual Understanding of Science at Secondary Stage. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 16, 1–10. www.isres.org
- Putri, S. R., Hofifah, S. N., Girsang, G. C. S., & Nandiyanto, A. B. D. 2022. How

- to Identify Misconception Using Certainty of Response Index (CRI): A Study Case of Mathematical Chemistry Subject by Experimental Demonstration of Adsorption. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(1), 143–158. <https://doi.org/10.17509/ijomr.v2i1.38738>
- Rahman, M. M. 2019. 21st Century Skill “Problem Solving”: Defining the Concept. *Asian Journal of Interdisciplinary Research*, 2(1), 71–81. <https://doi.org/10.34256/ajir1917>
- Ratumanan, T. G., & Laurens, T. 2003. *Evaluasi hasil belajar yang relevan dengan kurikulum berbasis kompetensi*. YP3IT. Surabaya.
- Rau, M. A. 2016. Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review 2016 29:4*, 29(4), 717–761. <https://doi.org/10.1007/S10648-016-9365-3>
- Reziana, I., Achmad, A., Rita Marpaung Pendidikan Biologi, R. T., Universitas Lampung, F., Soemantri Brotonegoro No, J., & Lampung, B. 2017. Identifikasi Miskonsepsi Materi Ipa Kelas Vii Smp N 1 Gunung Sugih Lampung Tengah. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 5(6). <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JBT/article/view/13315>
- Rita, K. 2011. The challenges to connectivist learning on open online networks: Learning experiences during a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(3), 19–38.
- Rochmad, K., Agoestanto, M., Zahid, A. Z., & Mashuri, M. Z. 2018. Misconception as a Critical and Creative Thinking Inhibitor for Mathematics Education Students. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 7(1), 57–62. <https://doi.org/10.15294/ujme.v7i1.18078>
- Ruixue, W. 2021. The Learning Theories of Piaget, Vygotsky & Bruner and Their Influence on Teaching. *Advances in Vocational and Technical Education*, 3(1), 32–35. <https://doi.org/10.23977/avte.2021.030109>
- Rustaman, N. Y., Afianti, E., & Maryati, S. 2018. STEM based learning to facilitate middle school students’ conceptual change, creativity and collaboration in organization of living system topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012021>
- Samsudin, A., Azizah, N., Sasmita, D., Rasmitadila, Fatkhurrohman, M. A., Supriyatman, & Wibowo, F. C. 2020. Analyzing the students’ conceptual change on kinetic theory of gases as a learning effect though computer simulations-assisted conceptual change model. *Universal Journal of Educational Research*, 8(2), 425–437. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080213>
- Saryar, S., Kolekar, S. V., Pai, R. M., & Manohara Pai, M. M. 2019. Mobile learning recommender system based on learning styles. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 900). Springer Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-13-3600-3_29

- Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R., & Schnotz, W. 2018. *Representational Competence in Science Education: From Theory to Assessment*. 263–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_13
- Shangguan, C., Gong, S., Guo, Y., Wang, X., & Lu, J. 2020. The effects of emotional design on middle school students' multimedia learning: the role of learners' prior knowledge. *Educational Psychology*, 40(9), 1076–1093. <https://doi.org/10.1080/01443410.2020.1714548>
- Siemens, G. 2005. Connectivism : A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10. <http://elearning.surf.nl/e-learning/english/3793>
- Singh, C. 2007. Effect of misconception on transfer in problem solving. *AIP Conference Proceedings*, 951(1), 196–199. <https://doi.org/10.1063/1.2820931>
- Sutopo. 2013. Improving Students ' Representational Skill and Generic Science Skill. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 19(1), 7–16. <https://doi.org/10.17977/jip.v19i1.3750>
- Tam, M. 2000. Constructivism, Instructional Design, and Technology: Implications for Transforming Distance Learning. *Educational Technology and Society*, 3(2).
- Tanner, K., & Allen, D. 2005. Approaches to biology teaching and learning: Understanding the wrong answers-teaching toward conceptual change. *Cell Biology Education*, 4(SUMMER), 112–117. <https://doi.org/10.1187/cbe.05-02-0068>
- Theasy, Y., Wiyanto, & Sujarwata. 2018. Multi-representation ability of students on the problem solving physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 983(1), 0–4. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012005>
- Thiagarajan, S., Semmel, D., & Semmel, M. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. ERIC.
- Thomas, C. L., & Kirby, L. A. J. 2020. Situational interest helps correct misconceptions: An investigation of conceptual change in university students. *Instructional Science*, 48(3), 223–241. <https://doi.org/10.1007/s11251-020-09509-2>
- Toquero, C. M. 2020. Challenges and Opportunities for Higher Education amid the COVID-19 Pandemic: The Philippine Context. *Pedagogical Research*, 5(4), em0063. <https://doi.org/10.29333/pr/7947>
- Treagust, D. F., & Duit, R. 2008. Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297–328. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>
- Trilling, B., & Fadel, C. 2009. Bernie Trilling, Charles Fadel-21st Century Skills_

- Learning for Life in Our Times -Jossey-Bass (2009). *Journal of Sustainable Development Education and Research*, 2(1), 243.
- Tsui, C., & Treagust, D. F. 2013. *Introduction to Multiple Representations : Their Importance in Biology and Biological Education*. 3–18.
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8>
- Tytler, R., Prain, V., Aranda, G., Ferguson, J., & Gorur, R. 2020. Drawing to reason and learn in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 209–231. <https://doi.org/10.1002/tea.21590>
- Vosniadou, S. 2019. The Development of Students' Understanding of Science. *Frontiers in Education*, 4(April), 1–6.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00032>
- Vosniadou, S., & Mason, L. 2012. Conceptual change induced by instruction: A complex interplay of multiple factors. In *APA educational psychology handbook, Vol. 2. Individual differences and cultural and contextual factors* (pp. 221–246). American Psychological Association.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1037/13274-009>
- Vygotsky, L. 1978. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes* (M. Cole, V. J. Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (eds.)). Harvard University Press.
- Wagner, T. 2008. The Global Achievement Gap, 21st Century Skills. In *Journal of Physics D: Applied Physics* (Vol. 29, Issue 1).
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21226399>
- Wahab, G., & Rosnawati. 2021. *Teori-teori Belajar dan Pembelajaran*. Penerbit Adav. Palu.
- Watin, W., Wayan Gunada, I., Fauzia, H., & Ayub, S. 2023. The Effectiveness of Android-Based Physics Learning Media Assisted by Smart Apps Creator to Improve Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 5(1). <https://doi.org/10.29303/jppfi.v5i1.208>
- William, K., Siahaan, A., Marulitua Manurung, H., & Siahaan, M. M. 2021. Android-Based Learning Media Development Strategies During Pandemic Times To Improve Student Science Literature. *International Journal of Education and Humanities*, 1(1), 34–40. <http://i-jeh.com/index.php/ijeh/article/view/4>
- Wisman, Y. 2020. Teori Belajar Kognitif dan Implementasi Dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 11(1), 209–215.
- Wongwatkit, C., Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. 2017. A proposal to develop a guided-inquiry mobile learning with a mastery learning mechanism for improving students' learning performance and attitudes in Physics. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 11(1), 63–86.
<https://doi.org/10.1504/IJMLO.2017.080898>
- Wulandari, F., Sjaifuddin, & Vitasari, M. 2022. Analisis Miskonsepsi Siswa Pada

Mata Pelajaran Ipa Smp Kota Tangerang Tema Pemanasan Global Dengan Metode Cri (Certainty of Response Index). *EKSAKTA : Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, 7(2), 303–314.

Yoon, H. G., Kim, M., & Lee, E. A. 2021. Visual representation construction for collective reasoning in elementary science classrooms. *Education Sciences*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/educsci11050246>

Yuliati, Y. 2017. Literature Review. *Jurnal Bio Education*, 2, 50–58.

Zhao, C., Zhang, S., Cui, H., Hu, W., & Dai, G. 2023. Middle school students' alternative conceptions about the human blood circulatory system using four-tier multiple-choice tests. *Journal of Biological Education*, 57(1), 51–67. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877777>

Zvoch, K., Holveck, S., & Porter, L. 2021. Teaching for Conceptual Change in a Density Unit Provided to Seventh Graders: A Comparison of Teacher- and Student-Centered Approaches. *Research in Science Education*, 51(5), 1395–1421. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09907-8>