

**PENGEMBANGAN PROGRAM *BLENDED LEARNING* BERBASIS
MULTIPLE REPRESENTATIONS UNTUK MENSTIMULUS
COMPLEX PROBLEM SOLVING DAN MEREDUKSI
*LEARNING LOSS***

(Tesis)

Oleh

MUNADHIROTUL AZIZAH

NPM 2123022001



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROGRAM *BLENDED LEARNING* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTATIONS* UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN MEREDUKSI *LEARNING LOSS*

Oleh

MUNADHIROTUL AZIZAH

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulus *complex problem solving* dan mereduksi *learning loss*. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan desain pengembangan ADDIE yang meliputi *analyze, design, development, implementation, dan evaluation*. Teknik analisis data menggunakan *mixed method* yang memadukan metode kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dinyatakan valid, meliputi silabus, RPP, *e-LKPD* dan *e-Handout* yang proses pembelajarannya dirancang dengan memuat aktivitas-aktivitas yang memaksimalkan penggunaan berbagai representasi yang dapat menstimulus *CPS* dan mereduksi *learning loss*. Penyajian *e-LKPD* dan *e-Handout* berbasis MRs telah disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik untuk belajar secara mandiri maupun secara kelompok sehingga dapat menstimulus *complex problem solving* dan mereduksi *learning loss*. 2) Kepraktisan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* ditinjau berdasarkan respon peserta didik yang meliputi respon terhadap proses pembelajaran, respon terhadap *e-LKPD* dan *e-Handout* berbasis *Multiple Representations* sehingga dapat digunakan sebagai pada pembelajaran fisika SMA kelas XII semester ganjil topik listrik arus searah. 3) Efektivitas program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* terkategori sedang sehingga mampu menstimulus *complex problem solving* dan mereduksi *learning loss*.

Kata Kunci: Program *Blended Learning*, *Multiple Representations*, *Complex Problem Solving*, *Learning Loss*.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A *BLENDED LEARNING* PROGRAM BASED ON MULTIPLE REPRESENTATIONS TO STIMULATE COMPLEX PROBLEM SOLVING AND REDUCE LEARNING LOSS

By

MUNADHIROTUL AZIZAH

This study aims to describe a blended learning program based on multiple representations that is valid, practical, and effective for stimulating complex problem solving and reducing learning loss. This type of research is development research with the ADDIE development design which includes analyze, design, development, implementation, and evaluation. The data analysis technique uses a mixed method which combines qualitative and quantitative methods. The results showed that 1) The blended learning program based on multiple representations was declared valid, including syllabus, lesson plans, e-LKPD and e-Handout whose learning processes were designed to contain activities that maximize the use of various representations that can stimulate CPS and reduce learning loss. The presentation of the MRs-based e-LKPD and e-Handout has been adapted to the needs of students to study independently or in groups so that they can stimulate complex problem solving and reduce learning loss. 2) The practicality of the multiple representations-based blended learning program is reviewed based on the responses of students which include responses to the learning process, responses to e-LKPD and e-Handout based on multiple representations so that they can be used as a physics lesson for SMA class XII odd semester on direct current electricity. 3) The effectiveness of the blended learning program based on multiple representations is in the moderate category so that it can stimulate complex problem solving and reduce learning loss.

Keywords: Blended Learning Program, Multiple Representations, Complex Problem Solving, Learning Loss.

**PENGEMBANGAN PROGRAM *BLENDED LEARNING* BERBASIS
MULTIPLE REPRESENTATIONS UNTUK MENSTIMULUS
COMPLEX PROBLEM SOLVING DAN MEREDUKSI
*LEARNING LOSS***

Oleh

MUNADHIROTUL AZIZAH

Tesis

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

Pada

**Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN PROGRAM *BLENDED LEARNING* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTATIONS* UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN MEREDUKSI *LEARNING LOSS***

Nama Mahasiswa : **Munadhirotul Azizah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2123022001**

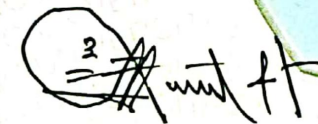
Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

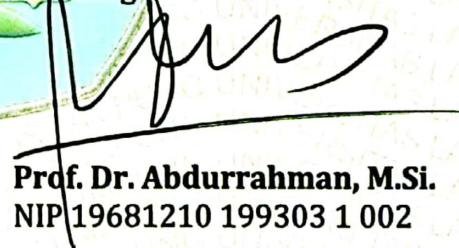
Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. Komisi Pembimbing



Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 19650616 199102 2 001



Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002

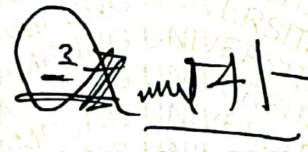
2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP. 19600301 198503 1 003

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Fisika



Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP. 19650616 199102 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Kartini Herlina, M.Si

Sekretaris : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Penguji Anggota : Dr. I Wayan Distrik, M.Si

Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.

NIP. 19651230 199111 1 001

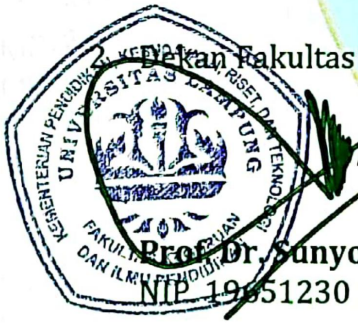
3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 10 April 2023

[Handwritten signatures and initials]



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Munadhirotul Azizah
NPM : 2123022001
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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

Bandar Lampung, 11 April 2023



Munadhirotul Azizah
NPM 2123022001

RIWAYAT HIDUP

MUNADHIROTUL AZIZAH. Anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Sanusi dan Ibu Sri Hartati. Lahir di Bumi Nabung Ilir, 12 Januari 1998. Tempat tinggal di Dusun 10 Bumi Nabung Ilir, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

Riwayat Pendidikan. Jenjang pendidikan formal yang telah di tempuh penulis diantaranya SD Negeri 2 Bumi Nabung Utara lulus pada tahun 2009, MTs Roudlotul Ulum Ma'arif 13 Seputih Surabaya lulus pada tahun 2012, MAN 1 Metro lulus pada tahun 2015, S1 Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta lulus pada tahun 2019. Penulis tercatat sebagai mahasiswi program pasca sarjana Universitas Lampung, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Magister Pendidikan Fisika. Selain itu, penulis juga sempat menempuh pendidikan non formal diantaranya pondok pesantren Ash-Shiddiqi Seputih Surabaya Lampung Tengah pada tahun 2009-2012, Pondok Pesantren Riyadlatul Ulum 39B Batanghari Lampung Timur pada tahun 2012-2015, serta Pondok Pesantren Al-Munawwir Krapyak Yogyakarta pada tahun 2015-2019.

Email. munadhirotulazizah12@gmail.com

MOTTO

“Sesungguhnya bersama Kesulitan ada Kemudahan”

(Q.S. Al Insyirah: 6)

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya”

(HR. Ahmad)

“Jika ingin dimudahkan segala urusannya, Maka mudahkanlah urusan orang lain”

(Munadhirotul Azizah)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk Menstimulus *Complex Problem Solving* dan Mereduksi *Learning Loss*”. Solawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Tesis ini tidak mungkin selesai tanpa pihak-pihak yang terus memberikan bimbingan, doa, semangat serta bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Apresiasi dan terima kasih dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang dirahmati Allah, Bapak Sanusi dan Ibu Sri Hartati yang selalu memberikan dukungan baik berupa materi, moril, dan doa yang tidak pernah putus. Ketiga adik tercinta Khafidatul Mukarromah, Muhammad Lutfil Hakim dan Mu'izu Hilya Delila yang telah memberikan doa kepada penulis.
2. Keluarga MPFis21 Ibu Deni Anggraini, Karlina Rahmah, Apri Dwi Sulistyو, Fitri Mardhotillah Gumay, Laili Fauziah, Ibu Novi Tri Rahayu Ningsih, Alda Novita Sari, Ahmad Saroji, dan Septina Sri Haryanti yang selalu berbagi suka dan duka, sejak semester satu. Terima kasih sudah berjuang bersama semoga 10/10 segera alumni.
3. Ibu Dr. Winarti, M.Pd.Si. selaku dosen pembimbing skripsi ketika menuntut ilmu di Pendidikan Fisika, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, ilmu yang ibu berikan dalam mengerjakan tugas akhir sangat bermanfaat dan memberi kemudahan dalam melanjutkan studi pasca sarjana.
4. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama pendidikan dan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan tesis ini.

Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, saran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Mudah-mudahan tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 11 April 2023

Munadhirotul Azizah

SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk Menstimulus *Complex Problem Solving* dan Mereduksi *Learning Loss*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu 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. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
4. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung sekaligus selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini
6. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.

7. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Pembahas I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
8. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembahas II atau perwakilan program studi sekaligus sebagai validator yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
9. Bapak B. Anggit Wicaksono, M.Si. dan Bapak Nur Arvianto Himawan, M.Pd. selaku validator yang telah meluangkan waktu memberikan saran dan kritik kepada penulis.
10. Seluruh dosen, staff, dan karyawan FKIP Universitas Lampung, khususnya Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pemahaman, dan pelayanan selama proses perkuliahan.
11. Bapak Riza Abdillah, M.Pd. selaku Kepala SMA Islam Plus At Tholibin dan Bapak I Gusti Made Adi Suarnyana, S.Pd., M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 1 Seputih Surabaya yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
12. Dewan guru, staff, karyawan, dan siswa-siswi SMA Islam Plus At Tholibin yang membantu penulis selama proses penelitian.

Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, saran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Mudah-mudahan tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 11 April 2023

Munadhirotul Azizah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Penelitian.....	7
1.6. Spesifikasi Produk.....	8
II. KAJIAN TEORI	9
2.1. Program Pembelajaran.....	9
2.2. <i>Blended Learning</i>	9
2.3. Teori Eksternal <i>Multiple Representations (MRs)</i>	12
2.4. Model Instruksional 5E.....	16
2.5. Teori Belajar Pendukung Pengembangan Produk.....	20
2.6. <i>Complex Problem Solving (CPS)</i>	26
2.7. <i>Learning loss</i>	29
2.8. Materi Rangkaian Listrik Arus Searah	30
2.9. Penelitian yang Relevan.....	39
2.10. Kerangka Pemikiran	42
III. METODE PENELITIAN	46
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	46
3.2. Subjek Penelitian dan Objek Penelitian.....	46
3.3. Desain Penelitian	46
3.4. Prosedur Pengembangan Produk.....	47
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	53

3.6. Instrumen Penelitian	54
3.7. Teknik Analisis Data	56
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Hasil Penelitian.....	61
4.2 Pembahasan	92
V. KESIMPULAN DAN SARAN	108
5.1 Kesimpulan	108
5.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	110

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Ringkasan Model Instruksional BSCS 5E.....	17
2.2 Penelitian yang Relevan	40
3.1 Skala <i>Likert</i> pada Angket Uji Validitas	55
3.2 Skala <i>Likert</i> pada Angket Respon Peserta Didik.....	55
3.3 Skala <i>Likert</i> pada Skala learning loss	56
3.4 Kriteria Koefisien Korelasi.....	56
3.5 Konversi Skor Penilaian Validitas Produk	57
3.6 Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk.....	58
3.7 Kriteria Interpretasi Koefisien <i>N-Gain</i>	60
4.1 Hasil Uji Ahli Materi pada Silabus	73
4.2 Hasil Uji Ahli Materi pada RPP.....	73
4.3 Hasil Uji Ahli Materi pada <i>e-LKPD</i>	73
4.4 Hasil Uji Ahli Materi pada <i>e-Handout</i>	74
4.5 Rekapitulasi Hasil Uji Ahli Materi pada Program <i>Blended Learning</i> berbasis <i>Multiple Representations</i>	74
4.6 Hasil Uji Ahli Media dan Desain pada <i>e-LKPD</i>	75
4.7 Hasil Uji Ahli Media dan Desain pada <i>e-Handout</i>	75
4.8 Rekapitulasi Hasil Uji Media dan Desain pada Program <i>Blended Learning</i> berbasis <i>Multiple Representations</i>	75
4.9 Saran Perbaikan dari Validator pada Silabus.....	76
4.10 Saran Perbaikan dari Validator pada RPP	76
4.11 Saran Perbaikan dari Validator pada <i>e-LKPD</i>	77
4.12 Saran Perbaikan dari Validator pada <i>e-Handout</i>	78
4.13 Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes <i>CPS</i> dan Skala <i>Learning Loss</i>	80
4.14 Hasil Uji Kepraktisan	82
4.15 Deskripsi Nilai <i>N-Gain</i> Tiap Aspek <i>CPS</i>	84
4.16 Statistik Deskriptif Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest CPS</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	85
4.17 Hasil Uji Normalitas <i>Pretest</i> dan <i>Posttest CPS</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	85
4.18 Varian Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	86
4.19 Hasil Uji <i>Independent Sample T Test</i> Data <i>Pretest CPS</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	86

4.20 Hasil Uji Dampak <i>CPS</i> dengan ANCOVA.....	87
4.21 Deskripsi Nilai <i>N-Gain</i> Tiap Komponen <i>Learning Loss</i>	89
4.22 Statistik Deskriptif Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest Learning Loss</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	89
4.23 Hasil Uji Normalitas <i>Pretest</i> dan <i>Posttest Learning Loss</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	90
4.24 Varian Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	90
4.25 Hasil Uji <i>Independent Sample T Test</i> Data <i>Pretest Learning loss</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	91
4.26 Hasil Uji Dampak <i>Learning Loss</i> dengan ANCOVA.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Lima mode pembelajaran dari gabungan lingkungan campuran dan adaptif..	11
2.2 Taksonomi Fungsi <i>MRs</i> Ainsworth.....	12
2.3 Skema Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia.....	23
2.4 Ilustrasi rangkaian arus searah.....	31
2.5 Gerakan muatan listrik yang melalui sebuah luas <i>A</i>	31
2.6 Sebuah konduktor homogen dengan panjang <i>l</i>	33
2.7 (a) Rangkaian seri dari dua bola lampu dengan hambatan <i>R1</i> dan <i>R2</i> . (b) Diagram rangkaian untuk rangkaian dua resistor. (c) Resistor-resistor diganti dengan hambatan ekuivalen.	35
2.8 (a) Rangkaian paralel dua bola lampu dengan hambatan <i>R1</i> dan <i>R2</i> . (b) Diagram rangkaian untuk dua resistor, beda potensial pada <i>R1</i> sama dengan beda potensial pada <i>R2</i> . (c) Resistor-resistor tersebut diganti dengan resistor tunggal yang memiliki hambatan ek.	36
2.9 Aturan percabangan Kirchoff.....	37
2.10 Aturan untuk menentukan beda potensial pada sebuah resistor dan sebuah baterai.....	38
2.11 Bagan Kerangka Pemikiran.....	45
3.1 Konsep ADDIE.....	47
3.2 Perbandingan treatment pada grup eksperimen dan grup kontrol.....	50
3.3 Diagram alur penelitian pengembangan model ADDIE.....	52
4.1 <i>Storyboard</i> Silabus.....	65
4.2 <i>Storyboard</i> Langkah Pembelajaran <i>Blended Learning</i> pada RPP.....	66
4.3 Tampilan <i>e-LKPD</i>	67
4.4 <i>Storyboard e-LKPD</i> berbasis <i>Multiple Representations</i>	68
4.5 <i>Storyboard e-Handout</i> berbasis <i>Multiple Representations</i>	69
4.6 Tampilan <i>e-Handout</i>	70
4.7 Tampilan Rangkaian Program <i>Blended Learning</i> berbasis <i>Multiple Representations</i>	72
4.8 Tampilan <i>e-LKPD</i> (a) Sebelum Perbaikan dan (b) Setelah Perbaikan.....	79
4.9 Tampilan <i>e-Handout</i> (a) Sebelum Perbaikan dan (b) Setelah Perbaikan.....	79
4.10 Perbandingan Peningkatan <i>CPS</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	83
4.11 Perbandingan Penurunan <i>Learning Loss</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	88

4.12 Kegiatan yang melatih aspek <i>Articulating the Problem</i> pada <i>e-LKPD</i>	99
4.13 Peserta didik membuat maket instalasi listrik tenaga surya sebagai sarana untuk mengintegrasikan berbagai mode representasi.	100
4.14 Tampilan aspek yang mendukung pemahaman fungsi dan tujuan dari setiap representasi pada <i>e-Handout</i>	101
4.15 Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi perencanaan <i>project</i>	102
4.16 Interaksi peserta didik dengan perangkat dan internet selama pembelajaran <i>blended</i>	104
4.17 Keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran <i>blended</i>	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Silabus	135
2. RPP.....	139
3. <i>e-LKPD</i>	151
4. <i>e-Handout</i>	198
5. Instrumen Tes Uji Coba Penelitian	226
6. Analisis Hasil Uji Coba Instrumen	239
7. Instrumen Tes <i>CPS</i>	245
8. Instrumen <i>Learning Loss</i>	254
9. Instrumen Validasi	255
10. Analisis Hasil Validasi Isi Silabus.....	336
11. Analisis Hasil Validasi Isi RPP	338
12. Analisis Hasil Validasi Isi <i>e-LKPD</i>	340
13. Analisis Hasil Validasi Isi <i>e-Handout</i>	343
14. Analisis Hasil Validasi Media dan Desain <i>e-LKPD</i>	346
15. Analisis hasil Validasi Media dan Desain pada <i>e-Handout</i>	347
16. Lembar Angket Respon Peserta Didik.....	348
17. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest CPS</i> Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	355
18. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest Learning Loss</i> Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	356
19. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas dan Uji <i>t Pretest CPS</i>	364
20. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas dan Uji ANCOVA <i>CPS</i>	366
21. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas dan Uji <i>t Pretest Learning Loss</i>	368
22. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas dan Uji ANCOVA <i>Learning Loss</i>	370
23. Dokumentasi Penelitian.....	373
24. Permohonan Izin Penelitian.....	375
25. Surat Keterangan Penelitian	376

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada abad ke-21, dunia sedang dihadapkan dengan lingkungan yang semakin kompleks yang menuntut berbagai masalah untuk dipecahkan (Fischer *et al.*, 2012; Schefer-Wenzl & Miladinovic, 2019). *Complex Problem Solving (CPS)* dianggap sebagai keterampilan yang semakin relevan baik untuk pekerjaan maupun kehidupan pribadi di abad ke-21 (Binkley *et al.*, 2012; Funke *et al.*, 2018). Saat memecahkan masalah yang kompleks, ada keterlibatan beberapa proses kognitif (Eichmann *et al.*, 2019a). Hal ini sangat penting untuk berhasil menangani lingkungan yang selalu berubah-ubah dan melibatkan permasalahan yang sebagian tidak diketahui (Graesser *et al.*, 2018; Greiff *et al.*, 2013).

Oleh sebab pentingnya *CPS* dalam segala aspek, menstimulus keterampilan ini menjadi sangat penting terutama pada saat proses pembelajaran. Namun penelitian mengenai hal tersebut sejauh ini masih langka. Beberapa penelitian sebelumnya tentang *CPS* mengarah pada *assessment* (Bhagat & Spector, 2017; Graesser *et al.*, 2017; Greiff *et al.*, 2013; Herde *et al.*, 2016; Molnár *et al.*, 2017), eksplorasi (Dörner and Funke, 2017a; Eichmann *et al.*, 2020), dan perencanaan (Eichmann *et al.*, 2019b). Wenzl & Miladinovic (2019) berhasil merancang sebuah desain kursus *Blended Learning* yang berfokus pada metode didaktik untuk mengajar *CPS* pada mahasiswa teknik. Namun, desain pengembangan *CPS* tersebut masih terbatas pada bidang teknik menggunakan integrasi perangkat lunak dan belum bisa diterapkan pada pembelajaran di sekolah menengah dengan berbagai keterbatasan yang ada terutama terkait dengan pembelajaran di masa pandemi COVID-19.

Penutupan sekolah saat pandemi COVID-19 dapat menghalangi peserta didik dari kesempatan untuk mendapatkan pendidikan yang mereka butuhkan (Aucejo *et al.*, 2020; Wyse *et al.*, 2020). Hal ini mendorong pemerintah membuat kebijakan melaksanakan pembelajaran jarak jauh yang ternyata memberikan dampak peserta didik banyak kehilangan kesempatan belajar dan mengalami kemunduran dalam pembelajaran (*learning loss*) (Tomasik *et al.*, 2021). Di US data menunjukkan bahwa peserta didik kulit berwarna mungkin telah kehilangan tiga hingga lima bulan belajar, sementara peserta didik kulit putih hanya kehilangan satu hingga tiga bulan (Dorn *et al.*, 2020). Hasil temuan *World Bank* (Yarrow *et al.*, 2020) menyebutkan bahwa peserta didik Indonesia kehilangan 0,9 tahun atau sekitar 10 bulan masa pembelajaran di sekolah akibat pandemi COVID-19 sejak awal 2020 lalu. Survei terhadap guru (Chen *et al.*, 2021), diperoleh bahwa para guru melihat *learning loss* dari tugas yang terlewatkan hingga nilai ujian yang turun, yang dampaknya dapat merugikan kesejahteraan ekonomi beberapa peserta didik seumur hidup.

Berbagai solusi ditawarkan untuk mengatasi *learning loss*, diantaranya dengan menggunakan metode gamifikasi (Hidayat *et al.*, 2021) dan model pembelajaran online Heroe (Kurniawan & Budiyo, 2021). Selain itu, penggunaan *MRs* dalam program *Blended Learning* berpotensi untuk meningkatkan *CPS* dan mereduksi *learning loss*. Penelitian tentang pembelajaran dengan *MRs* telah menunjukkan bahwa kinerja peserta didik akan meningkat ketika mampu berinteraksi dengan representasi yang tepat (Fatmaryanti & Nugraha, 2019; Lucas & Lewis, 2019; Munfaridah *et al.*, 2021). Beberapa peneliti (Citra *et al.*, 2020; Fatmaryanti & Nugraha, 2019; Opfermann *et al.*, 2017) juga menemukan bahwa menggunakan *MRs* eksternal dapat memfasilitasi pemahaman konsep peserta didik dan mendukung mereka dalam memecahkan masalah.

Sejalan dengan itu, pengalaman *Blended Learning* yang dirancang dengan cermat memiliki potensi untuk meningkatkan pendidikan tinggi terutama dalam skenario pasca-pandemi (Jones & Sharma, 2020). Program *Blended Learning* banyak diterapkan bersamaan dengan penggunaan multimedia (Inayah *et al.*, 2020; Lo & Tang, 2018), tetapi penggunaannya dengan *MRs* masih jarang. Albó & Hernández

(2020) menemukan bahwa penggunaan *MRs* dalam *Blended Learning* memungkinkan pendidik untuk dengan mudah memvisualisasikan keseluruhan struktur desain pembelajaran dan hubungan antara elemen desain yang berbeda. Namun penelitian tersebut hanya melihat keefektifan *MRs* dari perspektif guru tidak untuk peserta didik sehingga perlu penelitian lanjutan terutama dalam pembelajaran fisika.

Lebih lanjut, dalam upaya untuk menstimulus *CPS* dan mereduksi *learning loss*, diperlukan model pembelajaran yang relevan untuk menunjang tercapainya tujuan. Model instruksional BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) 5E diklaim sangat relevan dengan kebutuhan keterampilan abad 21 termasuk *CPS* (Bybee, 2009). Model Instruksional 5E dapat digunakan untuk merancang pelajaran sains, yang didasarkan pada psikologi kognitif, teori pembelajaran konstruktivis, dan praktik terbaik dalam pengajaran sains yang mempromosikan perubahan konseptual (Duran & Duran, 2004; Stepans, 1988). Model ini adalah strategi pengajaran langsung, pemikiran berdasarkan model perkembangan kecerdasan Piaget yang membuat peserta didik sadar akan penalaran mereka sendiri dengan membantu peserta didik merefleksikan aktivitas mereka (Bybee, 2009).

Hasil survei terhadap 13 guru dan 25 peserta didik dari beberapa sekolah di 4 Provinsi di Indonesia yang meliputi Provinsi Lampung, D.I. Yogyakarta, Jawa Tengah dan Jawa Barat, menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang dilakukan di sekolah cukup variatif dengan penggunaan model dan metode pembelajaran yang sudah cenderung *student centered*, tidak hanya ceramah saja tetapi guru juga mendorong peserta didik untuk melakukan diskusi, eksperimen, demonstrasi dan praktikum. Akan tetapi, keterampilan *CPS* belum sepenuhnya dilatihkan dalam pembelajaran. Meskipun beberapa guru secara tidak langsung telah melaksanakan kegiatan yang mengarah pada *CPS*, namun dari keseluruhan proses pembelajaran yang berlangsung belum secara eksplisit ditujukan untuk melatih *CPS*. Hal ini diketahui dari belum termuatnya seluruh indikator *CPS* dalam kegiatan pembelajaran, bahan ajar maupun LKPD yang digunakan guru. Keterbatasan waktu selama pembelajaran daring maupun luring semasa pandemi dan

banyaknya materi yang harus diselesaikan, mengakibatkan pembelajaran hanya fokus pada menyelesaikan soal-soal hitungan dan memilih materi-materi inti saja untuk disampaikan tanpa memperhatikan keterampilan *CPS* yang diperoleh. LKPD yang digunakan guru juga masih terbatas pada rangkuman materi, latihan soal serta penyelesaian kegiatan praktikum pada umumnya dan belum mengarah untuk melatih *CPS*.

Lebih lanjut, ketidakefektifan belajar selama masa pandemi disebabkan oleh beberapa faktor. Pada sekolah yang sudah melaksanakan tatap muka, pemangkasan alokasi waktu jam pelajaran, kondisi lingkungan dan psikologi peserta didik yang kurang kondusif serta peserta didik yang masih terbawa suasana pembelajaran online menjadi kendala yang mengakibatkan pembelajaran yang dilakukan kurang efektif. Adapun sekolah yang melaksanakan kegiatan pembelajaran secara daring, keterbatasan sinyal internet dan lingkungan belajar yang kurang mendukung menjadi hambatan tersendiri dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran. Ketidakefektifan pembelajaran yang dilakukan berdampak pada banyaknya peserta didik yang mengalami kemunduran dalam belajar dan penurunan kemajuan akademik (*learning loss*). Sebagian besar guru mengaku bahwa peserta didik banyak mengalami kemunduran dalam belajar dan penurunan dalam kemajuan akademik. Beberapa perilaku peserta didik yang jarang mengumpulkan tugas, berkurangnya sikap disiplin saat masuk kelas, cenderung sibuk bermain game, serta menurunnya nilai akademik mengindikasikan gejala *learning loss* yang dialami.

Hal ini sesuai dengan pendapat peserta didik. Delapan belas dari 25 peserta didik mengaku belajar tidak efisien dan optimal selama pandemi Covid-19. Beberapa faktor yang menyebabkan ketidakefisienan tersebut, seperti: kesulitan memahami materi, kurangnya penjelasan langsung dari guru, sulit berkonsentrasi saat belajar, waktu belajar yang terbatas di jaringan internet yang terbatas. Sebanyak 17 dari 25 peserta didik mengaku mengalami kegagalan dalam belajar dan penurunan kemajuan akademik. Sisanya mengatakan mereka mengatasi di luar sekolah dengan biaya tambahan, belajar lebih aktif di rumah, meninjau apa yang mereka

pelajari dan mencari berbagai situs web untuk materi tambahan. Selain itu, sebagian besar peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi listrik arus searah pada hampir semua topik bahasan karena kurangnya literasi dalam materi, kurangnya representasi secara visual, terlalu banyak formulasi/rumus pada materi, dan keterbatasan media pembelajaran di sekolah. Kesulitan belajar listrik dinamis disebabkan oleh rendahnya penguasaan konsep, kemampuan perhitungan matematis peserta didik, kurangnya kemampuan dalam mengkonversi satuan (Wahyuni & Handhika, 2019), serta kurangnya variasi media dan metode pembelajaran (Nofitasari & Sihombing, 2017).

Hasil analisis *CPS* memberikan gambaran singkat bahwa penyelesaian masalah yang kompleks membutuhkan aktivitas yang berbeda yang melibatkan proses kognitif yang banyak, namun tidak sepenuhnya hadir dalam pembelajaran. Begitu pula dengan ketidakefektifan pembelajaran yang mengakibatkan *learning loss*. Karakteristik peserta didik yang beragam dan unik menjadi tantangan untuk beradaptasi secara optimal dalam pembelajaran. Oleh sebab itu, diperlukan program pembelajaran untuk mendukung kebutuhan belajar peserta didik yang beragam, salah satunya menekankan pembelajaran dengan menggunakan beberapa representasi untuk menyampaikan suatu konsep. Dengan demikian, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *learning loss* peserta didik SMA pada topik listrik arus searah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang valid untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*?
2. Bagaimanakah kepraktisan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*?

3. Bagaimanakah keefektifan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mendeskripsikan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang valid untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.
2. Mendeskripsikan kepraktisan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.
3. Mendeskripsikan keefektifan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini yakni dihasilkannya sebuah Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang dapat menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.

1.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat yang dapat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti dapat memberikan pengetahuan, wawasan, pengalaman dan bekal berharga bagi peneliti terutama dalam pengembangan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*.
2. Bagi pendidik dapat memberikan informasi bagaimana pelaksanaan kegiatan pembelajaran menggunakan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*.

3. Bagi peserta didik dapat memberikan pengalaman belajar yang berbeda sehingga diharapkan dapat menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.
4. Bagi dunia pendidikan dapat memberikan masukan dan sumbangan pemikiran dalam upaya peningkatan kualitas proses pembelajaran fisika.
5. Bagi peneliti selanjutnya dapat dijadikan sebagai contoh program pembelajaran yang dapat dikembangkan dengan modifikasi.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian pengembangan ini dibatasi dalam ruang lingkup sebagai berikut:

1. Pengembangan dalam penelitian ini adalah pengembangan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang terdiri dari Silabus, RPP, e-LKPD dan *e-Handout*.
2. *Blended Learning* dalam penelitian ini yaitu penggabungan antara pembelajaran tatap muka (*face-to-face*) dengan pembelajaran online menggunakan *google meet* dengan bantuan *Learning Management System (LMS)*.
3. *Multiple Representations* dalam penelitian ini yaitu penyajian suatu konsep pembelajaran dengan menggunakan banyak representasi seperti, gambar, teks, persamaan matematis, grafik, dan diagram.
4. *Complex Problem Solving* meliputi (1) mengartikulasikan masalah, (2) mengidentifikasi hasil akhir yang diinginkan, (3) brainstorming pilihan kreatif untuk hasil yang diinginkan, (4) menganalisis dan memilih opsi, (5) mengembangkan rencana tindakan untuk menyelesaikan masalah, dan (6) Menetapkan rencana tindakan dan mengadaptasi sesuai kebutuhan.
5. *Learning loss* diukur meliputi komponen akses dengan perangkat dan internet, komponen keterlibatan dalam pembelajaran dan komponen efektivitas pembelajaran.
6. Topik yang digunakan pada pengembangan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* adalah listrik dinamis dengan materi listrik arus searah kelas XII semester ganjil.

1.6. Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan berupa Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*. Spesifikasi produk adalah sebagai berikut :

1. Produk yang dihasilkan merupakan unit pembelajaran *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang meliputi Silabus, RPP, *e-LKPD* dan *e-Handout*.
2. Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dirancang untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *Learning loss*.
3. Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* mempunyai rasional teoritik yang dikembangkan berdasarkan teori pembelajaran pemrosesan informasi, teori kognitif pembelajaran multimedia, teori beban kognitif, dan teori belajar konstruktivisme.
4. Pembelajaran *online* pada program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* menggunakan *google meet* dengan bantuan *LMS* berupa *google classroom* untuk menunjang proses pembelajaran.
5. Model pembelajaran yang digunakan dalam program pembelajaran pada penelitian ini adalah model instruksional 5E yang meliputi *Engagement*, *Exploration*, *Explanation*, *Elaboration* dan *Evaluation*.
6. Strategi pembelajaran dalam penelitian ini menggunakan *IF-SO framework* yang meliputi *Identify key concepts*, *focus on form and function*, *Sequence*, dan *Ongoing assessment*.

II. KAJIAN TEORI

2.1. Program Pembelajaran

Program pembelajaran diartikan sebagai kegiatan belajar yang berurutan, terkait dengan implementasi kurikulum, yang mengarah pada pencapaian tujuan kualifikasi tertentu atau bagian dari kualifikasi. Kualifikasi di sini berarti kombinasi hasil pembelajaran yang direncanakan yang memiliki maksud atau tujuan tertentu, dan dimaksudkan untuk memberikan kompetensi terapan kepada peserta didik yang memenuhi syarat dan dasar untuk pembelajaran lebih lanjut (Nkomo, 2000). Berdasarkan definisi tersebut, program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan belajar, mengajar maupun penilaian yang direncanakan.

Lebih lanjut, *South African Qualifications Authority (SAQA)* mengidentifikasi bagian dari program pembelajaran, meliputi: (1) kegiatan belajar yang berkaitan dengan hasil; (2) suatu rencana yang mengidentifikasi bagaimana pembelajaran akan disampaikan dan bagaimana peserta didik akan didukung; (3) suatu rencana penilaian; (4) media pelajaran dan sumber lainnya yang diperlukan dalam kegiatan pembelajaran; serta (5) praktisi terlatih dan sumber daya manusia lainnya.

2.2. *Blended Learning*

Blended Learning adalah bagian dari revolusi digital saat ini dan institusi pendidikan tinggi di seluruh dunia semakin mengadopsinya sebagai cara penyampaian yang baru (Selwyn & Jandrić, 2020). Pengalaman *Blended*

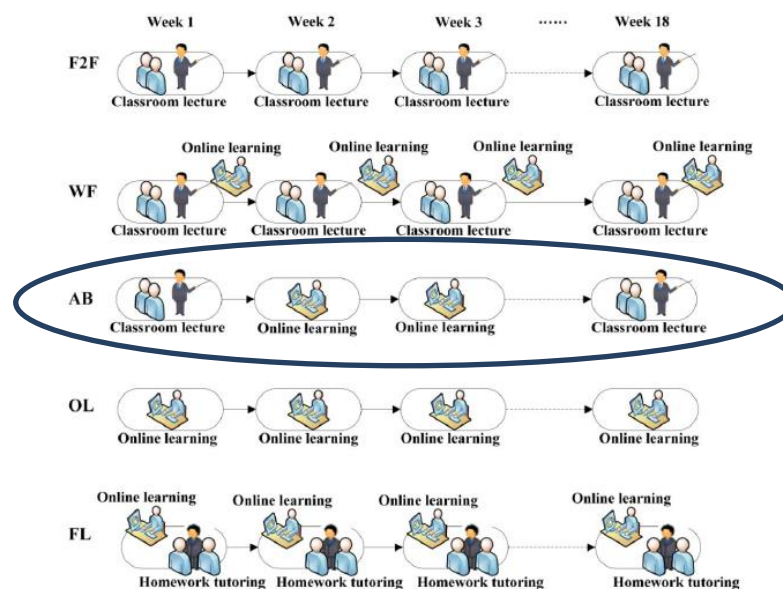
Learning yang dirancang dengan cermat memiliki potensi untuk meningkatkan pendidikan terutama dalam situasi pasca-pandemi (Jones & Sharma, 2020).

Blended Learning didefinisikan sebagai pendekatan pembelajaran yang menggabungkan pembelajaran tatap muka di kelas dengan pembelajaran online *asynchronous* dan/atau *synchronous* (Wu *et al.*, 2010). Pembelajaran *asynchronous* memungkinkan guru dan peserta didik untuk terhubung pada waktu dan tempat yang berbeda, biasanya difasilitasi oleh e-mail maupun kolom diskusi. Sedangkan pembelajaran *synchronous* memungkinkan guru dan peserta didik bertemu dan online dalam waktu yang sama namun dari tempat yang berbeda yang dapat difasilitasi oleh *videoconference* atau *chatting* via media sosial (Hrastinski, 2008).

Blended Learning merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan pembelajaran tradisional tatap muka dan pembelajaran jarak jauh yang menggunakan sumber belajar online dan beragam pilihan komunikasi yang dapat digunakan guru dan peserta didik. Pelaksanaan *Blended Learning* ini memungkinkan penggunaan sumber belajar online, terutama yang berbasis web, tanpa meninggalkan kegiatan tatap muka, sehingga dengan *Blended Learning*, pembelajaran akan menjadi lebih bervariasi dan bermakna (Wahyudi, 2017). Lingkungan *Blended Learning* yang efektif mencakup interaksi tatap muka di kelas, konten online, tugas, pengumuman, percakapan sinkron, diskusi forum asinkron, serta obrolan online (Calderón *et al.*, 2021). Lingkungan campuran memberikan dukungan yang kuat dan menciptakan peluang bagi peserta didik untuk secara aktif terlibat dalam membentuk pembelajaran mereka sendiri dan memfasilitasi refleksi yang lebih besar pada konten kursus (Montgomery *et al.*, 2019) juga dapat mendorong keterlibatan peserta didik dalam diskusi kolaboratif dan memotivasi mereka untuk melakukan tugas (Suana *et al.*, 2019).

Hung & Young (2021) melakukan eksplorasi terkait beberapa mode pembelajaran yang dipilih sendiri oleh peserta didik, di mana peserta didik dapat mengakses semua materi pelajaran dalam kursus online terbuka dan konteks pembelajaran tatap muka tradisional. Mode pembelajaran tersebut meliputi pembelajaran tatap muka/ *face-to-face* (F2F), web difasilitasi (WF), alternatif *blended* (AB),

pembelajaran online/ *online learning* (OL) dan *flipped learning* (FL). Berdasarkan kelima mode pembelajaran tersebut, pembelajaran dengan *Blended Learning* lebih disukai dan banyak dipilih peserta didik dengan alasan mudahnya melakukan manajemen waktu dengan pembelajaran yang fleksibel. Pelaksanaan *Blended Learning* dalam hal ini dengan mengintegrasikan pembelajaran secara online dengan pertemuan tatap muka di mana sebagian besar konten disampaikan secara online. Adapun skema mode pembelajaran yang dieksplorasi Hung & Young (2021) dapat diamati pada gambar 2.1 berikut.

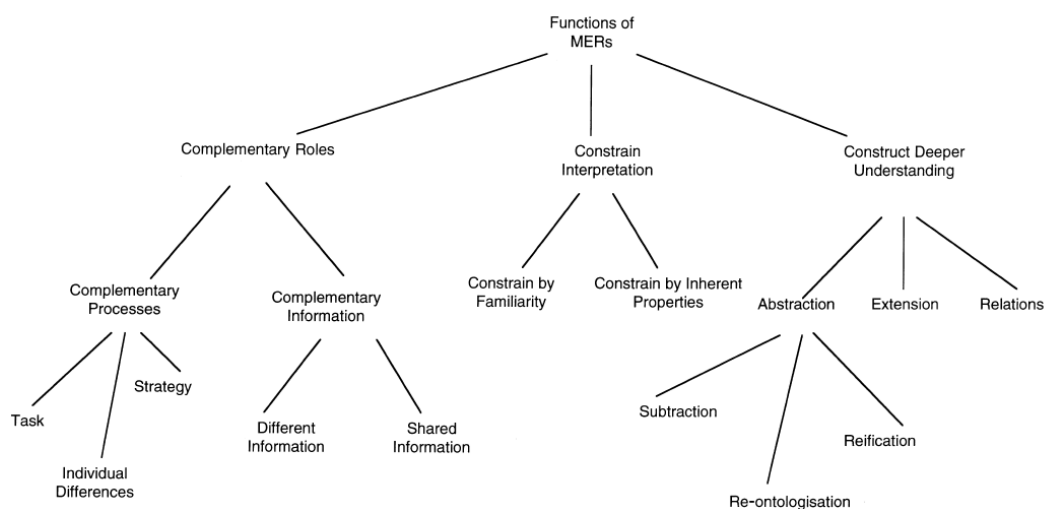


Gambar 2.1 Lima mode pembelajaran dari gabungan lingkungan campuran dan adaptif.

Berdasarkan gambar tersebut, sistematika pembelajaran *Blended Learning* pada penelitian ini dilakukan dengan mengadaptasi mode *Alternatif Blended* (AB) dengan cara pergantian pertemuan tatap muka di kelas dan pembelajaran secara online setiap minggu atau dua minggu sampai dengan minggu terakhir pertemuan. Hal ini dilakukan sebab penggunaan *Blended Learning* dengan mengintegrasikan teknologi dan metode pengajaran tatap muka konvensional telah diakui memberikan keuntungan bagi peserta didik terutama dalam hal memberikan kemudahan mengakses materi pembelajaran dengan langkah yang mereka inginkan serta memenuhi permintaan peserta didik akan fleksibilitas (McKenzie *et al.*, 2013; Weinhardt & Sitzmann, 2019).

2.3. Teori Eksternal *Multiple Representations (MRs)*

Istilah "representasi" digunakan dalam cara yang sangat luas dalam literatur penelitian pendidikan. Menurut taksonomi DeFT, belajar dengan *MRs* berarti bahwa dua atau lebih representasi eksternal digunakan secara bersamaan (Ainsworth, 2006). Ainsworth mengungkapkan tiga fungsi utama *MRs* dalam situasi pembelajaran (Ainsworth, 1999). Tiga fungsi tersebut diantaranya: 1). Menggunakan representasi yang mengandung informasi komplementer atau mendukung proses kognitif yang saling melengkapi; 2). Menggunakan satu representasi untuk membatasi kemungkinan kesalahan interpretasi dalam penggunaan representasi yang lain; serta 3). Menggunakan *MRs* untuk mendorong peserta didik untuk membangun pemahaman yang lebih dalam. Lebih jelasnya, taksonomi fungsi *MRs* Ainsworth diberikan oleh gambar 2.2.



Gambar 2.2 Taksonomi Fungsi *MRs* Ainsworth.

Kohl & Finkelstein (2017) mempertimbangkan *MRs* sebagai alat utama saat peserta didik belajar tentang konsep yang diberikan dan sebagai artefak yang memediasi kognitif peserta didik proses dalam memecahkan masalah fisika. *MRs* memungkinkan pendidik/guru untuk menampilkan berbagai konsep dengan metode verbal, gambar, grafik, diagram, tabel, atau persamaan matematis secara bersamaan (Abdurrahman *et al.*, 2019). Sejumlah teori mapan mengklaim bahwa

penggunaan *MRs* dapat meningkatkan pembelajaran. Teori-teori ini menggambarkan dasar-dasar arsitektur kognitif manusia dan mempertimbangkan bagaimana bahan ajar secara umum harus dirancang untuk mendukung pembelajaran (Ainsworth, 2006). *MRs* berhubungan erat dengan multimedia, yang mana dalam penggunaannya sangat bergantung pada teori beban kognitif yang menegaskan bahwa pesan instruksional harus dirancang dengan meminimalisir pembebanan pada sistem kognitif peserta didik (Mayer & Moreno, 2002).

Pada dasarnya, untuk memahami atau menjelaskan konsep dalam sains, perlu adanya kegiatan representasional yang menuntut peserta didik menggunakan sumber daya kognitif dan representasional yang mereka miliki. Hal ini memerlukan pemahaman dan penggunaan representasi yang tepat untuk membuat hubungan kognitif antara fenomena dengan penjelasan teoretis yang sesuai (Waldrip *et al.*, 2010). Ford (2008) berpendapat bahwa dalam pembelajaran sains peserta didik perlu mengetahui bagaimana menyatakan pelajarannya, yang ditandai dengan kemampuan peserta didik menggunakan alat representasi konkret untuk bernalar dan mencari topik tertentu. Misalnya, peserta didik harus mengetahui kapan dan mengapa diagram batang lebih baik digunakan daripada diagram garis sebagai bentuk representasi yang tepat untuk memperjelas pernyataan, atau jika diagram memberikan informasi yang berbeda dari tabel. Pengetahuan peserta didik tidak akan kokoh atau langgeng kecuali mereka dapat merepresentasikan pemahamannya dengan berbagai cara (Waldrip *et al.*, 2010).

Waldrip *et al.* (2010) mengusulkan kerangka *IF-SO* yang berfokus pada isu-isu kunci dalam perencanaan topik (*I* dan *F*), dan peran guru dan peserta didik dalam pembelajaran melalui urutan representasi penyempurnaan selama pengembangan topik (*S* dan *O*). Adapun penjelasan kerangka tersebut sebagai berikut.

2.3.1. *Identify key concepts* (mengidentifikasi konsep-konsep kunci)

Guru perlu mengidentifikasi konsep-konsep kunci atau ide-ide besar dari suatu topik pada tahap perencanaan untuk mengantisipasi tercampurnya representasi yang dibangun oleh guru dan peserta didik yang akan melibatkan peserta didik, memperluas pemahaman mereka tentang pengetahuan mereka dan dianggap sebagai bukti pembelajaran tentang berbagai aspek pembelajaran. Guru juga perlu

mempertimbangkan baik urutan tantangan representasional yang ditimbulkan oleh topik, serta jenis tugas representasional ringkasan yang akan memungkinkan peserta didik untuk memperkuat pemahaman konseptual mereka pada akhir topik.

2.3.2. *Focus on form and function* (Fokus pada bentuk dan fungsi)

Guru perlu secara jelas fokus pada fungsi dan bentuk (atau bagian) dari representasi yang berbeda. Jika representasi tertentu diperlukan untuk objek, mungkin perlu dijelaskan, diperkenalkan dan diklarifikasi di awal topik. Ketika berhadapan dengan representasi baru, peserta didik perlu belajar lebih banyak tentang fungsi atau tujuannya, dan bagaimana fungsi tersebut diimplementasikan dalam bentuk atau bagiannya. Misalnya, ketika berhadapan dengan grafik, peserta didik harus diminta untuk memikirkan mengapa grafik digunakan dalam sains, serta mengidentifikasi elemen dan fungsi kunci, seperti tujuan masing-masing sumbu untuk menyiapkan model data untuk interpretasi. Dengan cara ini, guru dapat membimbing peserta didik untuk mempelajari instrumen ilmiah tentang jenis representasi dan kemungkinan tujuannya sebagai alat untuk partisipasi kausal, penalaran, penjelasan, dan prediksi fenomena. Peserta didik juga harus memahami keterbatasan representasi tertentu untuk mengatasi hanya aspek-aspek tertentu dari fenomena target.

2.3.3. *Sequence* (urutan)

Peserta didik perlu menghadapi serangkaian tantangan representatif, menghasilkan pernyataan sebab akibat dari fenomena, memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi dan menafsirkan ide-ide mereka, memperluas ide-ide tersebut ke dalam situasi baru dan memungkinkan mereka untuk mengintegrasikan penampilan mereka ke dalam akun sumatif yang bermakna dari topik. Peserta didik juga perlu mengetahui bahwa representasi yang berbeda berfokus pada aspek yang berbeda dari topik dan dengan demikian melayani tujuan yang berbeda.

1. *Student representation* (representasi peserta didik)

Peserta didik perlu diberi kesempatan untuk merepresentasikan ulang pernyataan mereka untuk mengembangkan dan mendemonstrasikan pembelajaran. Mereka harus ditantang dan didukung untuk mengoordinasikan representasi sebagai

sarana untuk menunjukkan pemahaman yang koheren, dapat dipertahankan, dan fleksibel. Peserta didik harus aktif dan eksploratif dalam menciptakan, memanipulasi, dan menyempurnakan representasi. Ketika mencoba untuk mendemonstrasikan kompleksitas pernyataan, peserta didik membutuhkan kesempatan untuk mengekspresikan dan memperluas sumber daya dan pilihan mereka untuk representasi, serta mengintegrasikan berbagai mode representasi untuk mendemonstrasikan pemahaman konseptual mereka.

2. *Student interest* (minat peserta didik)

Urutan kegiatan perlu fokus pada pembelajaran yang bermakna dengan mempertimbangkan minat peserta didik, nilai preferensi estetika, dan sejarah pribadi.

3. *Student perceptions* (persepsi peserta didik)

Urutan aktivitas perlu memiliki konteks persepsi yang kokoh sehingga memungkinkan peserta didik menggunakan petunjuk persepsi untuk membuat hubungan antara aspek objek dan representasi penjelasan pernyataannya. Hal ini tidak dimaksudkan untuk menyatakan bahwa semua pembangunan teori atau pengetahuan konseptual berbasis persepsi, melainkan bahwa beberapa pembelajaran konseptual dalam sains dapat ditingkatkan dengan berfokus pada persepsi peserta didik yang relevan.

2.3.4. *Ongoing assessment* (penilaian berkelanjutan)

Guru harus melihat pekerjaan representasional peserta didik, termasuk laporan verbal dari topik, sebagai penghargaan terhadap pemikiran peserta didik yang berkembang dan sebagai bagian dari bukti pembelajaran peserta didik. Penilaian ini dapat bersifat diagnostik, formatif maupun sumatif, dengan berbagai bentuk bukti yang berkontribusi pada penilaian tentang pengetahuan konseptual peserta didik dan kapasitas untuk mentransfer pemahaman ke konteks dan masalah baru.

1. *Opportunities for negotiation* (peluang untuk negosiasi)

Perlu ada peluang untuk negosiasi antara pemahaman guru dan peserta didik tentang makna representasi yang dimaksudkan. Peserta didik perlu didorong untuk membuat penilaian sendiri tentang kecukupan representasi mereka.

2. *On-time* (tepat waktu)

Peserta didik harus berpartisipasi dalam klarifikasi tepat waktu bagian dan tujuan dari representasi yang berbeda. Peserta didik membutuhkan kesempatan untuk membandingkan konvensi dan improvisasi yang mereka gunakan untuk membuat pernyataan tentang suatu topik yang dibuat melalui konvensi representasional yang "diotorisasi". Memahami alasan penggunaan representasi sains, seperti grafik dan diagram, memungkinkan peserta didik untuk memahami dan mengkomunikasikan pernyataan dengan lebih jelas, dan untuk memahami mengapa representasi tertentu, sering tertanam dalam teks pelengkap, digunakan untuk tujuan yang berbeda, dan untuk membuat klaim tentang berbagai aspek topik.

2.4. Model Instruksional 5E

Model Instruksional 5E dapat digunakan untuk merancang pelajaran sains, yang didasarkan pada psikologi kognitif, teori pembelajaran konstruktivis, dan praktik terbaik dalam pengajaran sains yang mempromosikan perubahan konseptual (Duran & Duran, 2004; Stepans, 1988). Ini adalah strategi pengajaran langsung, pemikiran berdasarkan model perkembangan kecerdasan Piaget yang membuat peserta didik sadar akan penalaran mereka sendiri dengan membantu peserta didik merefleksikan aktivitas mereka. Siklus belajar pertama kali dikembangkan oleh Robert Karplus, yang pada awalnya melibatkan tiga fase yang secara berturut-turut yang dikenal sebagai eksplorasi, pengenalan konsep, dan aplikasi konsep. Siklus pembelajaran telah digunakan, diteliti, dan disempurnakan selama bertahun-tahun, sehingga beberapa praktisi memperluas tiga tahap menjadi lima, yang dikenal sebagai siklus belajar 5E: *Engagement, Exploration, Explanation, Extension*, dan *Evaluation* (Bybee *et al.*, 2014).

Bybee (2009) mengusulkan model instruksional BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) 5E yang diklaim sangat relevan dengan kebutuhan keterampilan abad ke-21. Adapun rangkuman fase model instruksional BSCS 5E dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Ringkasan Model Instruksional BSCS 5E

Fase	Ringkasan
<i>Engagement</i>	Guru atau tugas kurikulum menilai pengetahuan awal peserta didik dan membantu mereka menjadi terlibat dalam konsep baru melalui penggunaan kegiatan singkat yang meningkatkan rasa ingin tahu dan memperoleh pengetahuan sebelumnya. Kegiatan tersebut harus membuat hubungan antara pengalaman belajar masa lalu dan sekarang, mengekspos konsepsi sebelumnya, dan mengatur pemikiran peserta didik terhadap hasil belajar dari kegiatan saat ini.
<i>Exploration</i>	Pengalaman eksplorasi memberi peserta didik dasar kegiatan yang sama di mana konsep saat ini (yaitu, kesalahpahaman), proses, dan keterampilan diidentifikasi dan perubahan konseptual difasilitasi. Peserta didik dapat menyelesaikan kegiatan laboratorium yang membantu mereka menggunakan pengetahuan sebelumnya untuk menghasilkan ide-ide baru, mengeksplorasi pertanyaan dan kemungkinan, dan merancang dan melakukan penyelidikan awal.
<i>Explanation</i>	Fase penjelasan memfokuskan perhatian peserta didik pada aspek tertentu dari mereka fase pengalaman keterlibatan dan eksplorasi dan memberikan kesempatan untuk menunjukkan pemahaman konseptual, keterampilan proses, atau perilaku mereka. Fase ini juga memberikan kesempatan kepada guru untuk secara langsung memperkenalkan suatu konsep, proses, atau keterampilan. Peserta didik menjelaskan pemahaman mereka tentang konsep tersebut. Penjelasan dari guru atau kurikulum dapat membimbing mereka menuju pemahaman yang lebih dalam, yang merupakan bagian penting dari fase ini.
<i>Elaboration</i>	Guru menantang dan memperluas pemahaman dan keterampilan konseptual peserta didik. membantu mereka menjadi terlibat dalam konsep baru melalui penggunaan kegiatan singkat yang meningkatkan rasa ingin tahu dan memperoleh pengetahuan

sebelumnya. Kegiatan tersebut harus membuat hubungan antara pengalaman belajar masa lalu dan sekarang, mengekspos konsepsi sebelumnya, dan mengatur pemikiran peserta didik terhadap hasil belajar dari kegiatan saat ini. Melalui pengalaman baru, peserta didik mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dan luas, lebih banyak informasi, dan keterampilan yang memadai. Peserta didik menerapkan pemahaman konsepnya dengan melakukan kegiatan tambahan.

Evaluation Tahap evaluasi mendorong peserta didik untuk menilai pemahaman dan kemampuannya serta memberikan kesempatan kepada guru untuk mengevaluasi kemajuan peserta didik menuju pencapaian tujuan pendidikan.

1) *Engaging Learners* (Melibatkan Pembelajaran)

Tujuan dari fase ini adalah untuk menangkap perhatian dan minat peserta didik. Guru perlu membuat peserta didik fokus pada situasi, peristiwa, demonstrasi, atau masalah yang melibatkan konten dan kemampuan yang menjadi tujuan pengajaran. Dari sudut pandang pengajaran, mengajukan pertanyaan, mengajukan masalah, atau menyajikan peristiwa yang tidak sesuai merupakan salah satu contoh strategi untuk melibatkan peserta didik dalam pembelajaran. Jika peserta didik terlihat bingung, mengungkapkan "Bagaimana itu bisa terjadi?" atau "Saya bertanya-tanya tentang itu," dan "Saya ingin tahu lebih banyak tentang itu," kemungkinan besar mereka terlibat dalam situasi belajar. Keterlibatan tidak harus berupa pelajaran penuh, tetapi biasanya karena kebutuhan untuk memunculkan dan menilai pengetahuan awal peserta didik. Mungkin sesingkat pertanyaan atau demonstrasi singkat. Misalnya guru dapat memberikan deskripsi singkat tentang fenomena alam dan bertanya kepada peserta didik bagaimana mereka akan menjelaskan situasinya. Fase ini memberikan kesempatan kepada guru untuk secara informal menentukan miskonsepsi yang diungkapkan oleh peserta didik.

2) *Exploring Phenomena* (Menjelajahi Fenomena)

Pada fase eksplorasi, peserta didik memiliki kegiatan dengan waktu dan kesempatan untuk menyelesaikan ketidakseimbangan pengalaman keterlibatan. Pelajaran eksplorasi atau pelajaran memberikan pengalaman nyata dan langsung di mana peserta didik mengekspresikan konsepsi mereka saat ini dan menunjukkan kemampuan mereka saat mereka mencoba untuk mengklarifikasi elemen membingungkan dari fase *engage*. Pengalaman eksplorasi harus dirancang untuk pengenalan dan deskripsi konsep, praktik, dan keterampilan urutan instruksional selanjutnya. Peserta didik harus memiliki pengalaman dan kesempatan untuk merumuskan penjelasan, menyelidiki fenomena, mengamati pola, dan mengembangkan kemampuan kognitif dan fisik mereka.

Peran guru dalam fase eksplorasi adalah untuk memulai kegiatan, menggambarkan latar belakang yang sesuai, menyediakan bahan dan peralatan yang memadai, dan untuk melawan kesalahpahaman. Setelah itu, guru melangkah mundur dan menjadi pelatih dengan tugas mendengarkan, mengamati, dan membimbing peserta didik saat mereka mengklarifikasi pemahaman mereka dan mulai merekonstruksi konsep-konsep ilmiah dan mengembangkan kemampuan mereka.

3) *Explaining Phenomena* (Menjelaskan Fenomena)

Penjelasan ilmiah untuk fenomena menonjol dalam fase ini. Konsep, praktik, dan kemampuan yang awalnya melibatkan peserta didik dan kemudian dieksplorasi, sekarang dibuat jelas dan dapat dipahami. Guru mengarahkan perhatian peserta didik pada aspek-aspek kunci dari fase sebelumnya dan pertama-tama meminta penjelasan peserta didik. Dengan menggunakan penjelasan dan pengalaman peserta didik, guru memperkenalkan konsep ilmiah atau teknologi secara singkat dan eksplisit. Di sini, dengan menggunakan contoh NGSS, gagasan inti disiplin termasuk kosakata, praktik sains atau teknik, dan konsep lintas sektor disajikan, dengan jelas dan sederhana. Pengalaman sebelumnya harus digunakan sebagai konteks penjelasan. Penjelasan verbal adalah hal biasa dalam fase ini. Namun,

penggunaan video, web, atau perangkat lunak juga dapat memberikan penjelasan yang sangat baik.

4) *Elaborating Scientific Concepts and Abilities* (Menguraikan Konsep Ilmiah dan Kemampuan)

Peserta didik terlibat dalam pengalaman belajar yang mengembangkan, memperluas, dan memperkaya konsep dan kemampuan yang dikembangkan pada fase sebelumnya. Tujuannya adalah untuk memfasilitasi transfer konsep dan kemampuan ke situasi yang terkait tetapi baru. Poin kunci untuk fase ini gunakan aktivitas yang menantang tetapi dapat dicapai oleh peserta didik. Pada fase elaborasi, guru menantang peserta didik dengan situasi baru dan mendorong interaksi antar peserta didik dan dengan sumber lain seperti bahan tertulis, database, simulasi, dan pencarian berbasis web.

5) *Evaluating Learners* (Mengevaluasi Peserta didik)

Pada titik tertentu, peserta didik harus menerima umpan balik tentang kecukupan penjelasan dan kemampuan mereka. Jelas, dalam formal, evaluasi formatif akan terjadi dari fase awal urutan instruksional. Namun, sebagai praktik, guru harus menilai dan melaporkan hasil pendidikan. Oleh karena itu, tahap evaluasi yang membahas masalah penilaian. Pada fase evaluasi, guru harus melibatkan peserta didik dalam pengalaman yang dapat dipahami dan konsisten dengan fase sebelumnya dan kongruen dengan penjelasan. Guru harus menentukan bukti untuk pembelajaran peserta didik dan cara memperoleh bukti itu, sebagai bagian dari fase evaluasi.

2.5. Teori Belajar Pendukung Pengembangan Produk

Ketika mengembangkan suatu program pembelajaran, penting untuk memperhatikan teori belajar yang menjadi acuan pembelajaran yang akan dilaksanakan. Teori belajar sangat menentukan bagaimana proses pembelajaran akan terjadi sebab teori belajar memungkinkan menjadi arah penentu untuk mencapai tujuan belajar yang telah ditetapkan. Adapun teori belajar yang

mendukung pengembangan program *Blended Learning* berbasis *MRs* sebagai berikut.

2.5.1. Teori Pembelajaran Pemrosesan Informasi

Teori pemrosesan informasi adalah teori kognitif yang berkaitan dengan teori belajar yang menjelaskan tentang pemrosesan, penyimpanan, dan penarikan kembali pengetahuan dari otak (Slavin, 2017). Lebih lanjut Slavin menjelaskan bahwa pemrosesan informasi dalam pikiran manusia adalah suatu proses yang dimulai dari rangsangan eksternal yang menerima informasi sampai dengan respons yang dihasilkan melalui beberapa tahap pemrosesan informasi. Teori ini menjelaskan bagaimana seseorang memperoleh beberapa informasi dan dapat diingat untuk waktu yang lama. Informasi diproses dan disimpan dalam tiga tahap, yaitu: register sensorik, memori jangka pendek, dan memori jangka panjang. Pada tahap register sensorik, rekaman visual menerima banyak informasi dari indera dan menyimpannya dalam waktu singkat Informasi yang diperhatikan dan dirasakan oleh seseorang akan diteruskan ke sistem memori tahap kedua, yaitu memori jangka pendek atau *working memory*. Memori jangka pendek adalah sistem penyimpanan informasi terbatas yang berlangsung hanya beberapa detik. Memori jangka pendek berkaitan dengan apa yang dipikirkan seseorang ketika menerima rangsangan dari lingkungan.

Informasi yang masuk ke dalam memori jangka pendek berangsur-angsur menghilang ketika informasi tersebut tidak lagi dibutuhkan (Panjaitan, 2013). Jika informasi dalam memori jangka pendek terus digunakan, maka lama kelamaan informasi tersebut akan diteruskan ke tahap selanjutnya yaitu memori jangka panjang. Oleh karena itu, salah satu cara untuk menyimpan informasi dalam memori jangka pendek adalah dengan memikirkan informasi tersebut atau mengungkapkannya secara terus menerus. Memori jangka panjang merupakan bagian dari sistem memori tahap ketiga dimana informasi akan disimpan dalam waktu yang lama (Slavin, 2017).

Teori pemrosesan informasi yang digunakan dalam studi Gangguan yang dialami peserta didik terjadi ketika peserta didik mengingat informasi dalam memori

jangka panjang untuk digunakan memecahkan masalah dalam memori jangka pendek ketika memecahkan masalah tertentu (Sukoriyanto, 2017). Oleh sebab itu, Guru harus mengalokasikan waktu untuk latihan selama pelajaran di kelas. Mengajarkan terlalu banyak informasi terlalu cepat mungkin tidak efektif karena, kecuali peserta didik diberi waktu untuk melatih kembali secara mental setiap informasi baru, informasi selanjutnya mungkin akan membuatnya tidak berfungsi (Slavin, 2017).

Sebuah penelitian (Kristayulita & Sucipto, 2022) mengungkapkan bahwa saat memecahkan masalah peserta didik mampu mengingat informasi memori jangka panjang yang berkaitan dengan prosedur pemecahan masalah sumber yang mirip dengan prosedur pemecahan masalah target. Informasi tentang prosedur pemecahan masalah sumber yang diambil dari memori jangka panjang digunakan oleh peserta didik dalam memecahkan masalah target dalam memori jangka pendek. Pemrosesan informasi dalam memori jangka pendek tergantung pada proses pemetaan dengan informasi sebelumnya dalam memori jangka panjang.

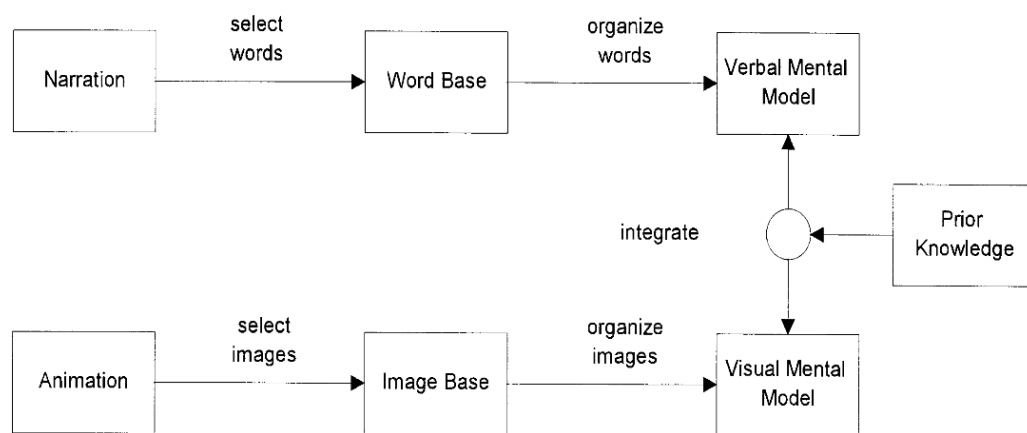
2.5.2. Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia

Teori kognitif pembelajaran multimedia yang selanjutnya disebut *CTML* (*Cognitive Theory Multimedia Learning*) mengusulkan untuk menggunakan bahan ajar multimedia guna mendukung pemahaman tingkat mendalam sehingga menghasilkan pembelajaran yang bermakna. *CTML* terutama berfokus pada beberapa representasi dalam arti kombinasi teks dan gambar dalam prinsip multimediana Mayer menyatakan bahwa "Peserta didik belajar lebih baik dari kata-kata dan gambar daripada dari kata-kata saja" (Mayer, 2002). Prinsip ini didasarkan pada asumsi bahwa kata-kata dan gambar secara kualitatif berbeda sehubungan dengan informasi yang dikandungnya; dan karena saluran yang berbeda di mana mereka diproses, isi informasi yang berbeda sedang dipelajari dan (ketika pembelajaran berlangsung secara optimal) diintegrasikan ke satu model mental yang koheren (Mayer & Moreno, 2002).

Dua prinsip yang kurang kontroversial yang dapat ditampilkan untuk representasi visual dan pendengaran ganda adalah prinsip kedekatan spasial dan prinsip

kedekatan temporal. Prinsip-prinsip ini menyatakan bahwa ketika menggunakan materi pembelajaran multimedia, representasi yang berbeda (misalnya, teks dan gambar) harus disajikan bersama-sama (Mayer & Moreno, 2002). Artinya, dalam buku teks, paragraf yang menjelaskan fenomena tertentu harus ditempatkan tepat di samping gambar yang bersangkutan.

Menyajikan terlalu banyak elemen untuk diproses seperti terlalu banyak kata atau gambar yang terlalu rumit dapat menyebabkan kelebihan beban di mana beberapa elemen tidak diproses (Merriënboer & Sweller, 2005). Pembelajaran bermakna terjadi ketika peserta didik mampu secara aktif memilih informasi yang relevan, mengaturnya ke dalam representasi yang koheren, dan mengintegrasikannya dengan pengetahuan lain. Sehingga dapat dimaknai bahwa konstruksi kognitif tergantung pada proses kognitif peserta didik selama belajar (Mayer & Moreno, 2002). Berikut disajikan skema teori kognitif pembelajaran multimedia.



Gambar 2.3 Skema Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia.

Agar pembelajaran menjadi bermakna, pembelajar harus melakukan setiap proses kognitif ini, yaitu, memilih kata dan gambar yang relevan, mengaturnya ke dalam representasi verbal dan visual yang koheren, dan mengintegrasikan representasi verbal dan visual yang sesuai. Aktivitas kognitif ini memungkinkan peserta didik dapat menyimpan representasi verbal dan visual yang sesuai ke dalam memori dalam satu waktu, terutama dalam membangun koneksi antara

representasi verbal dan visual. Dengan demikian, pesan instruksional harus dirancang untuk memaksimalkan peluang terjadinya proses kognitif yang begitu penting (Mayer & Moreno, 2002).

2.5.3. Teori Beban Kognitif

Teori beban kognitif yang selanjutnya disebut *CLT (Cognitive Load Theory)* mengasumsikan memori kerja memiliki sifat terbatas yang menyimpan sekitar tujuh elemen, akan tetapi hanya mampu beroperasi pada dua hingga empat elemen saja. Memori kerja mampu menangani informasi tidak lebih dari beberapa detik dengan hampir semua informasi hilang setelah sekitar 20 detik kecuali jika disegarkan dengan pemeriksaan ulang. Teori ini menekankan bahwa kapasitas memori kerja setiap orang terbatas sehingga saat melakukan pembelajaran direkomendasikan untuk memberikan peserta didik dengan batasan durasi hanya berlaku untuk informasi baru yang diperoleh melalui memori sensorik (Merriënboer & Sweller, 2005).

Memori jangka panjang mengubah karakteristik memori kerja sebab memori ini memegang skema kognitif yang bervariasi dalam tingkat kerumitan dan otomatisasinya. Keahlian manusia berasal dari pengetahuan yang tersimpan dalam skema ini, bukan dari kemampuan untuk terlibat dalam penalaran dengan banyak elemen yang belum terorganisir dalam ingatan jangka panjang sebab memori kerja manusia tidak dapat memproses banyak elemen. Keahlian berkembang saat peserta didik dengan penuh perhatian menggabungkan ide-ide yang sederhana menjadi ide yang lebih kompleks (Merriënboer & Sweller, 2005).

CLT berkaitan dengan pembelajaran dan kesulitan pemecahan masalah yang artifisial yang dapat dimanipulasi oleh desain instruksional (Sweller, 1994). Desain instruksional ini melibatkan beban memori yang dapat bekerja dengan dipengaruhi oleh sifat intrinsik dari tugas belajar itu sendiri (beban kognitif intrinsik) atau dengan cara di mana tugas disajikan (beban kognitif asing). Beban kognitif intrinsik tidak dapat diubah dengan intervensi struktural karena ditentukan oleh interaksi antara sifat materi yang dipelajari dan keahlian peserta didik. Sedangkan, Beban kognitif asing adalah beban yang tidak perlu untuk

pembelajaran (yaitu, konstruksi skema dan otomatisasi) dan yang bisa diubah oleh intervensi instruksional. Kelebihan beban kognitif asing dapat menimbulkan masalah bagi peserta didik sehingga perlu desain untuk menyeimbangkannya dengan beban kognitif instruksional. Jika beban intrinsik tinggi, beban kognitif asing harus diturunkan, sedangkan jika beban intrinsik rendah, beban kognitif asing yang tinggi karena desain pembelajaran yang tidak memadai mungkin tidak berbahaya karena beban kognitif total masih berada dalam batas memori kerja (Paas *et al.*, 2003; Merriënboer & Sweller, 2005).

2.5.4. Teori Belajar Konstruktivisme

Konstruktivisme adalah studi tentang konstruksi pengetahuan yang dibangun oleh individu berdasarkan pengalamannya sendiri serta hubungannya dengan lingkungan di sekitarnya (Ahmad *et al.*, 2020). Terdapat dua jenis konstruktivisme yang diperkenalkan pada akhir tahun 1970 yaitu Konstruktivisme sosial yang diperkenalkan oleh Lev Vygotsky dan konstruktivisme kognitif yang diperkenalkan oleh Jean Piaget. Konstruktivisme sosial Vygotsky menyebutkan bahwa peserta didik memberi makna pada informasi dengan berinteraksi secara sosial dengan orang lain. Vygotsky mencetuskan *Zone of Proximal Development* (ZPD), di mana seorang pembelajar mencoba mengembangkan tingkat maknanya sendiri tetapi dapat menghasilkan hasil yang lebih baik lagi setelah berinteraksi dengan teman sekelas dan instruktur (Vygotsky & Cole, 1978). Konstruktivisme kognitif Jean Piaget berfokus pada konstruksi pengetahuan baik melalui asimilasi atau akomodasi. Asimilasi berkaitan dengan mengasosiasikan informasi yang masuk dengan skema sedangkan akomodasi mengabaikan kecocokan informasi yang masuk dan skema. Oleh karena itu, skema perlu diubah untuk mengakomodasi konflik ini (Stavredes, 2011).

Menurut perspektif konstruktivis, pembelajaran ditentukan oleh interaksi kompleks antara pengetahuan yang melibatkan peserta didik, konteks sosial, dan masalah yang harus dipecahkan. Instruksi, kemudian menghadapkan peserta didik dengan situasi kolaboratif di mana mereka memiliki sarana dan kesempatan untuk membangun pemahaman baru dan situasi tertentu dengan mengumpulkan pengetahuan sebelumnya dari sumber yang beragam (Ertmer & Newby, 1993).

Tampaknya ada dua karakteristik yang menjadi pusat deskripsi konstruktivis dari proses pembelajaran yakni adanya suatu “masalah” dan kegiatan yang melibatkan “kolaborasi” (Tam, 2000). Instruksi konstruktivis mengarahkan peserta didik untuk menggunakan pengetahuan mereka untuk memecahkan masalah yang bermakna dan realistis kompleks. Masalah memberikan kesempatan peserta didik untuk menerapkan pengetahuan mereka dan mengambil makna pembelajaran yang mereka lalui. Masalah yang baik diperlukan untuk merangsang eksplorasi dan refleksi yang diperlukan untuk konstruksi pengetahuan.

Selain dari pada itu, konstruktivis juga mendukung peserta didik untuk berkolaborasi dengan belajar melalui interaksi dengan orang lain. Peserta didik bekerja sama sebagai rekan, menerapkan pengetahuan gabungan mereka untuk solusi masalah. Dialog yang dihasilkan dari upaya gabungan ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menguji dan menyempurnakan pemahaman mereka dalam proses yang berkelanjutan (Tam, 2000).

2.6. *Complex Problem Solving (CPS)*

Complex Problem Solving (CPS) merupakan salah satu kompetensi yang harus dimiliki setiap orang untuk bertahan di abad 21 (Dörner & Funke, 2017b). Masalah kompleks dapat disebut sebagai masalah yang tidak jelas yang tidak memiliki masalah atau definisi tujuan yang jelas, dan tidak jelas bagaimana kemajuan menuju tujuan. Ciri-ciri dari suatu sistem yang kompleks adalah 1). Situasi permasalahan yang kompleks; 2). Konektivitas dan ketergantungan antara variabel yang terlibat; 3). Situasi yang bersifat dinamis; 4). Variabel yang terlibat tidak transparan; . Dalam suatu situasi banyak tujuan yang mengarah ke konflik tujuan pada tingkat yang berbeda (Fischer, Greiff, & Funke 2012). Memperoleh pengetahuan tentang proses penting dalam *CPS* adalah dasar untuk membuat peserta didik pemecah masalah yang lebih baik dan mempersiapkan mereka untuk tantangan masa depan. Studi sebelumnya menyelidiki efek dari perilaku yang berbeda pada kesuksesan dalam *CPS* (Eichmann *et al.*, 2019b).

CPS adalah topik sentral dalam konteks pendidikan modern dan telah menerima peningkatan minat dalam studi penilaian Pendidikan skala besar seperti

Programme for International Student Assessment (PISA) dan *Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC)* (Greiff & Fischer, 2013). *CPS* telah menjadi domain utama dalam *PISA* 2012 berskala besar yang dijalankan oleh *OECD* (OECD, 2017) yang telah menetapkan kerangka kerja pemecahan masalah dengan melibatkan empat proses utama dalam pemecahan masalah yakni:

- 1) Menjelajahi dan memahami. Proses ini melibatkan interaksi dengan lingkungan masalah untuk memperoleh informasi yang harus dipahami dengan menciptakan model mental dari potongan-potongan informasi;
- 2) Mewakili dan merumuskan, yang mencakup penciptaan representasi mental dari situasi masalah secara keseluruhan termasuk pemilihan dan integrasi informasi, dan perumusan hipotesis tentang masalah;
- 3) Merencanakan dan melaksanakan. Melibatkan penetapan tujuan dan sub-tujuan dan pemilihan dan pelaksanaan langkah-langkah untuk mencapai tujuan; dan
- 4) Memantau dan mencerminkan. Yakni pemantauan kemajuan menuju tujuan.

Dörner (1990) mengusulkan beberapa tugas penting yang perlu dilakukan dalam *CPS*. Seseorang harus merumuskan tujuan terlebih dahulu dalam pikirannya, sebab dalam suatu tindakan yang kompleks biasanya tujuan tidak dikemukakan dengan jelas. Hipotesis perlu dimunculkan pada struktur sistem yang dihadapi. Selanjutnya, mengumpulkan informasi dilakukan untuk memprediksi tren perkembangan sistem saat ini pada waktu tertentu. Membuat rencana dan keputusan, serta menguji hipotesis dan strategi tindakan. Semua aktivitas yang berbeda ini harus dilakukan dengan cara yang sesuai dengan situasi yang dihadapi seseorang. Misalnya, ketika waktunya sempit, seseorang tidak hanya harus merencanakan dalam jangka waktu yang lebih pendek, tetapi berbeda ketika ada banyak waktu.

Lebih lanjut, Dörner & Wearing (1995) mengidentifikasi enam fase karakteristik *CPS*. Langkah pertama untuk memecahkan masalah yang kompleks adalah (1) penjabaran tujuan, di mana tujuan spesifik dan konkret dirumuskan, dan tujuan yang kontradiktif seimbang. Ketika menjelajahi aspek terpenting dari sistem yang

kompleks (2) pembentukan hipotesis mengenai struktur sistem perlu dilakukan yang dapat didasarkan pada pengetahuan sebelumnya maupun pada data yang dikumpulkan dengan campur tangan secara aktif dalam sistem. Jika seorang pemecah masalah harus mengatasi sistem yang kompleks di bawah tekanan waktu, kemungkinan besar dia akan membangun hipotesis reduktif. Artinya, hanya efek yang paling penting yang dipertimbangkan. Ciri hipotesis reduktif yang layak yakni (a) mudah ditangani, (b) memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana bertindak, (c) serta potongan-potongan hipotesis reduktif mungkin benar bahkan jika hipotesis secara keseluruhan tidak lengkap. Berangkat dari hipotesis ini (3) memprediksi dinamika sistem (perubahan nilai mengenai variabelnya) terjadi. Selanjutnya, berlandaskan prediksi tersebut, fase (4) perencanaan dan pengambilan keputusan berikut. Setelah keputusan dibuat, ada (5) pemantauan konsekuensi, sebab sistem dapat berubah sewaktu-waktu karena keputusan pemecah masalah atau terlepas dari tindakan pemecah masalah; yaitu karena "dinamika sendiri". Dari waktu ke waktu, pemrosesan informasinya sendiri dapat menjadi objek pemantauan, dalam tindakan metakognitif (6) refleksi diri.

Melihat *CPS* pada tingkat yang lebih rinci mengikuti pendekatan fungsionalis, membangun representasi yang layak mungkin meningkatkan pencarian pengetahuan aturan, dan menemukan solusi konkret meningkatkan pencarian pengetahuan dan sejenisnya (Vollmeyer *et al.*, 1996). Menurut perspektif teori perilaku (Dörner, 1986), pemecah masalah yang kompleks perlu (1) mengumpulkan informasi secara sistematis, (2) mengintegrasikan informasi yang paling relevan, dan (3) harus mampu membangun model mental, (4) membuat prediksi, rencana dan keputusan, serta (5) menetapkan dan mengevaluasi tujuan. Berdasarkan uraian beberapa teori yang disebutkan, maka diperoleh indikator *CPS* yang meliputi 1) mengartikulasikan masalah, (2) mengidentifikasi hasil akhir yang diinginkan, (3) brainstorming pilihan kreatif untuk hasil yang diinginkan, (4) menganalisis dan memilih opsi, (5) mengembangkan rencana tindakan untuk menyelesaikan masalah, dan (6) Menetapkan rencana tindakan dan mengadaptasi sesuai kebutuhan.

2.7. *Learning Loss*

Istilah *learning loss* mengacu pada hilangnya pengetahuan dan keterampilan khusus atau umum atau penurunan kemajuan akademik yang biasanya disebabkan oleh perpanjangan kesenjangan atau diskontinuitas dalam pendidikan (Kurniawan *et al.*, 2021). Perpanjangan kesenjangan dan tidak adanya keterlibatan peserta didik terjadi karena peserta didik belajar di rumah akibat penutupan sekolah selama pandemi COVID-19. *Learning loss* juga didefinisikan sebagai adanya ketidakmaksimalan proses pembelajaran yang dilaksanakan di sekolah (Li *et al.*, 2020).

Gejala dan ancaman *learning loss* di Indonesia diindikasikan muncul seiring dengan berkurangnya intensitas pertemuan guru-peserta didik akibat penerapan pembelajaran jarak jauh (Kurniawan *et al.*, 2021). Pemberlakuan pembelajaran jarak jauh menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan-kesulitan dalam pembelajaran sehingga mengakibatkan munculnya *learning loss* yang ditengarai peserta didik banyak kehilangan kesempatan belajar dan mengalami kemunduran dalam pembelajaran (Kaffenberger, 2021; Tomasik *et al.*, 2021). Pada beberapa negara bagian Amerika penutupan sekolah telah menyebabkan *learning loss* yang tidak proporsional di antara peserta didik (Dorn *et al.*, 2020). Hasil penelitian di Ghana juga menunjukkan dalam kurun waktu tiga bulan terjadi *learning loss* rata-rata 66% dari perolehan pembelajaran sebelumnya periode transisi (Sabates *et al.*, 2021).

Data awal dari platform pembelajaran online menunjukkan adanya penurunan penyelesaian kursus dan peningkatan penyebaran skor tes (Engzell *et al.*, 2021). Survey terhadap guru (Chen *et al.*, 2021), diperoleh bahwa para guru melihat adanya *learning loss* dari tugas yang terlewatkan hingga nilai ujian yang turun, yang dampaknya dapat merugikan kesejahteraan ekonomi beberapa peserta didik seumur hidup. Beberapa temuan juga menunjukkan bahwa anak-anak menghabiskan lebih sedikit waktu belajar selama masa *lockdown*, dan beberapa (tetapi tidak semua) studi melaporkan terjadinya perbedaan karena latar belakang keluarga (Andrew *et al.*, 2020; Dietrich *et al.*, 2021; Grätz & Lipps, 2021; Reimer *et al.*, 2021).

Temuan dari psikologi kognitif menunjukkan bahwa fakta dan keterampilan prosedural kemungkinan besar akan dilupakan tanpa latihan. Salah satu perhatiannya adalah bahwa anak-anak belajar paling baik ketika pengajaran berlanjut. Praktik pembelajaran jarak jauh dapat mengganggu ritme pelajaran, menyebabkan terlupakan, dan membutuhkan banyak pengulangan materi ketika peserta didik kembali ke sekolah (Cooper, 2003).

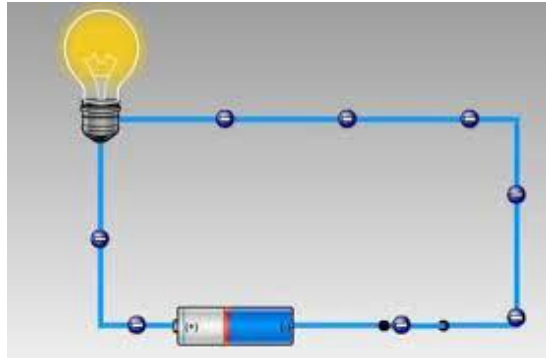
Studi tentang *learning loss* diperoleh hasil bahwa *learning loss* yang dapat terjadi pada pembelajaran daring, antara lain (Andriani *et al.*, 2021): minimnya interaksi antara pendidik dengan peserta didik, antara peserta didik dengan peserta didik lainnya, waktu belajar yang kurang, sulitnya konsentrasi, terbatasnya durasi waktu, tidak dapat menjelaskan secara tuntas materi yang diajarkan, dan serapan peserta didik terhadap materi yang diajarkan rendah.

2.8. Materi Rangkaian Listrik Arus Searah

2.8.1. Pengertian Arus Listrik Searah

Suatu rangkaian tertentu, misalnya pada baterai dapat menghasilkan suatu beda potensial dan menggerakkan muatan. Oleh karena pada rangkaian tertentu beda potensial pada kutub-kutub baterai adalah konstan, maka jarak dan arah arus dalam rangkaian juga konstan. Arus yang demikian disebut arus searah (*direct current – DC*) (Serway & Jewett, 2018). Pada umumnya, baik arus maupun tegangan listrik DC dihasilkan oleh pembangkit daya, baterai, dinamo, dan sel surya. Tegangan atau arus listrik DC memiliki besaran nilai (amplitudo) yang tetap dan arah mengalirnya arus yang telah ditentukan.

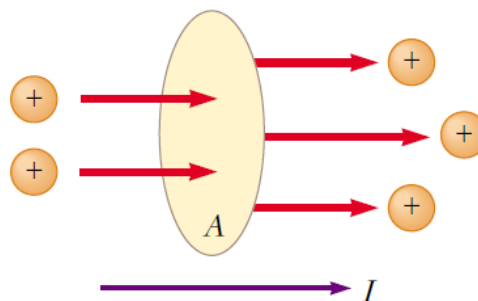
Power supply DC tidak mengubah nilainya berdasarkan waktu, listrik DC menyatakan arus yang mengalir pada nilai konstan secara terus-menerus pada arah yang tetap. Dengan kata lain, listrik DC selalu mempertahankan nilai yang tetap dan aliran listrik yang satu arah. Listrik DC tidak pernah berubah atau arahnya menjadi negatif kecuali apabila dihubungkan terbalik secara fisik.



Gambar 2. 4 Ilustrasi rangkaian arus searah.

2.8.2. Arus Listrik dan Pengukurannya

Arus adalah setiap gerakan muatan dari satu daerah ke daerah lain (Young *et al.*, 1996). Setiap daerah yang dilalui aliran muatan listrik netto, maka dikatakan dalam daerah tersebut terdapat arus listrik. Misalkan muatan listrik bergerak melalui suatu penghantar dengan luas permukaan A seperti ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Gerakan muatan listrik yang melalui sebuah luas A .

Arus listrik adalah kelajuan muatan listrik yang mengalir melalui suatu permukaan. Jika ΔQ adalah jumlah muatan listrik yang mengalir melalui luas ini pada selang waktu Δt , maka arus listrik rata-rata $I_{rata-rata}$ adalah sama dengan muatan listrik yang mengalir melalui A per satuan waktu:

$$I_{rata-rata} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Jika laju aliran muatan listrik berubah-ubah seiring dengan waktu, maka arus listrik yang mengalir pun berubah-ubah terhadap waktu. Arus listrik sesaat I sebagai limit turunan dari arus listrik rata-rata didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2.2)$$

Satuan SI untuk arus listrik adalah ampere (A):

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}} \quad (2.3)$$

Artinya, arus listrik sebesar 1 A sama dengan muatan listrik sebanyak 1 C yang melalui suatu luas permukaan dalam 1 s.

Muatan listrik yang melalui suatu permukaan boleh jadi bermuatan positif, negatif atau keduanya. Arah arus selalu dari ujung yang potensialnya lebih tinggi ke ujung yang potensialnya lebih rendah. Untuk menentukan arah arus listrik biasanya digunakan arah yang sama dengan aliran bermuatan listrik positif. Pada konduktor listrik, seperti tembaga atau aluminium, arus listrik merupakan gerakan elektron bermuatan negatif. Jika yang dimaksud adalah arus listrik pada sebuah konduktor biasa, maka arah arus berlawanan dengan arah aliran elektron (Serway & Jewett, 2018).

Arus yang mengalir berbagai bagian rangkaian pada saat peralatan bekerja biasanya diukur dalam satuan miliAmpere (mA) atau Ampere (A) dengan menggunakan alat yang disebut miliamperemeter atau amperemeter. Tegangan atau potensial pada setiap komponen atau di antara berbagai titik hubung pada saat peralatan bekerja dilakukan pengukuran dalam besaran volt dengan menggunakan voltmeter. Sedangkan tahanan/ hambatan di antara komponen atau titik hubung biasanya diukur pada saat peralatan tidak beroperasi. Tahanan/ hambatan diukur dalam satuan ohm atau perkalian desimalnya dengan menggunakan ohmmeter. Peralatan pengukuran listrik yang kompak yang terdiri dari Amperemeter, Voltmeter dan Ohmmeter disebut sebagai *Multitester*, *Multimeter* atau *VOM* (Singkatan dari *Volt-Ohm-Mili Amperemeter*). Multimeter ini meskipun dapat mengukur arus listrik, tegangan dan hambatan, hanya

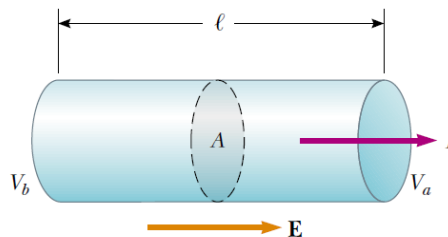
menggunakan satu buah galvanometer kumparan putar sebagai alat untuk membaca arus listrik, tegangan ataupun hambatan.

2.8.3. Hukum Ohm

Rapat arus J dan medan listrik E terbentuk dalam sebuah konduktor ketika terdapat suatu beda potensial yang melintasi konduktor tersebut. Pada beberapa bahan, rapat arus sebanding dengan medan listrik:

$$J = \sigma E \quad (2.4)$$

di mana konstanta kesebandingan σ disebut konduktivitas konduktor. Bahan-bahan yang mengikuti persamaan 2.4 dikatakan mengikuti hukum Ohm yang dirumuskan oleh George Simon Ohm (1789-1854). Secara lebih spesifik, hukum Ohm menyatakan bahwa “untuk sebagian besar bahan (termasuk hampir semua logam), rasio rapat arus terhadap medan listrik adalah suatu konstanta σ yang independen terhadap medan listrik yang menghasilkan arusnya”. Misalkan sebuah potongan kawat memiliki luas penampang silang A dan panjang l yang homogen seperti ditunjukkan dalam gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Sebuah konduktor homogen dengan panjang l .

Beda potensial $\Delta V = V_b - V_a$ terdapat di sepanjang kawat menghasilkan suatu medan listrik dan arus dalam kawat tersebut. Jika medan tersebut diasumsikan homogen, maka beda potensial berhubungan dengan medan melalui persamaan

$$\Delta V = El \quad (2.5)$$

Sehingga besarnya rapat arus dalam kawat tersebut dapat dinyatakan sebagai

$$J = \sigma E = \sigma \frac{\Delta V}{l} \quad (2.6)$$

Oleh karena $J = \frac{I}{A}$, maka beda potensialnya dapat dituliskan sebagai

$$\Delta V = \frac{l}{\sigma} J = \left(\frac{l}{\sigma A} \right) I = RI \quad (2.7)$$

Besar $R = \frac{l}{\sigma A}$ disebut hambatan dari konduktor. Sebagai perbandingan beda potensial di dalam konduktor dengan arus konduktor, hambatan dapat didefinisikan sebagai

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2.8)$$

Kebalikan dari konduktivitas adalah resistivitas ρ :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.9)$$

di mana ρ memiliki satuan ohm-meter (Ωm). Oleh karena $R = \frac{l}{\sigma A}$ maka hambatan suatu balok yang homogen dengan panjang l dapat dinyatakan sebagai

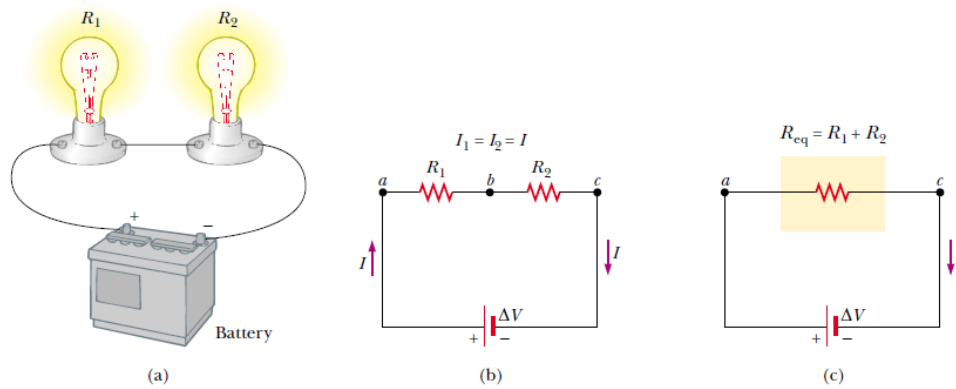
$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.10)$$

(Serway & Jewett, 2018).

2.8.4. Rangkaian Hambatan

a. Rangkaian Seri

Ketika dua resistor atau lebih dihubungkan satu sama lain menjadi bola lampu seperti gambar 2.7, rangkaian ini disebut rangkaian seri. Untuk sebuah rangkaian seri yang terdiri atas dua resistor, arusnya sama besar pada kedua resistor tersebut karena jumlah muatan yang melewati R_1 pasti juga melewati R_2 dalam selang waktu yang sama. Sedangkan beda potensial yang berlaku pada rangkaian seri akan bercabang di antara resistor-resistor yang ada.



Gambar 2. 7 (a) Rangkaian seri dari dua bola lampu dengan hambatan R_1 dan R_2 . (b) Diagram rangkaian untuk rangkaian dua resistor. (c) Resistor-resistor diganti dengan hambatan ekuivalen.

Pada gambar 2.7b, karena penurunan tegangan dari a ke b sama dengan IR_1 dan penurunan tegangan dari b ke c sama dengan IR_2 maka penurunan tegangan dari a ke c adalah

$$\Delta V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \quad (2.11)$$

Beda potensial pada baterai juga berlaku pada resistor ekuivalen,

$$\Delta V = IR_{eq} \quad (2.12)$$

$$\Delta V = IR_{eq} = I(R_1 + R_2) \quad (2.13)$$

Hambatan ekuivalen dari tiga resistor atau lebih dalam rangkaian seri adalah

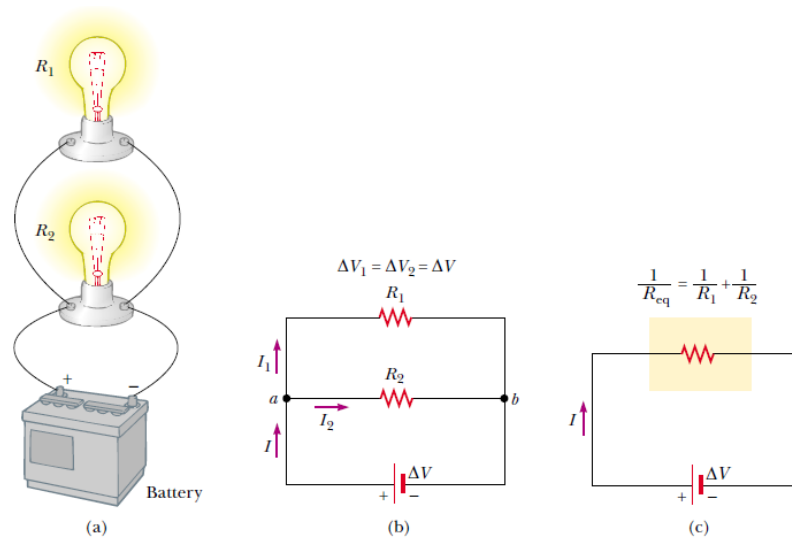
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2.14)$$

Hubungan ini menunjukkan bahwa hambatan ekuivalen dari resistor yang dihubungkan seri adalah penjumlahan dari masing-masing resistor dan selalu lebih besar daripada masing-masing resistornya.

b. Rangkaian Paralel

Ketika muatan mencapai titik a pada gambar 2.8, yang disebut sebuah percabangan, muatan tersebut terpecah menjadi dua bagian, dimana yang satu

melewati R_1 dan sisanya melewati R_2 . Sebuah percabangan adalah suatu titik di mana arus dapat terpecah. Perpecahan ini menghasilkan arus pada masing-masing resistor yang lebih kecil daripada arus yang keluar dari baterai.



Gambar 2. 8 (a) Rangkaian paralel dua bola lampu dengan hambatan R_1 dan R_2 . (b) Diagram rangkaian untuk dua resistor, beda potensial pada R_1 sama dengan beda potensial pada R_2 . (c) Resistor-resistor tersebut diganti dengan resistor tunggal yang memiliki hambatan ek.

Oleh karena jumlah muatan listrik itu kekal, maka arus I yang masuk titik a harus sama dengan total arus yang keluar dari titik tersebut:

$$I = I_1 + I_2 \quad (2.15)$$

di mana I_1 adalah arus dalam R_1 dan I_2 adalah arus dalam R_2 .

Ketika resistor-resistor dihubungkan secara paralel, beda potensial pada resistor adalah sama. Sehingga persamaan $\Delta V = IR$ memberikan

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{\Delta V}{R_{eq}} \quad (2.16)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka hambatan ekuivalen dari dua resistor yang dihubungkan secara paralel adalah

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{atau} \quad R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.17)$$

Untuk tiga resistor atau lebih dalam rangkaian paralel menghasilkan

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (2.18)$$

2.8.5. Hukum Kirchoff

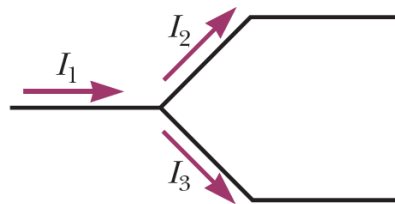
Suatu rangkaian sederhana dapat dianalisis dengan persamaan $\Delta V = IR$ serta menggunakan hukum kombinasi resistor seri dan paralel, namun untuk menganalisis rangkaian yang lebih kompleks diperlukan penyederhanaan dengan menggunakan dua prinsip yang disebut dengan aturan kirchoff.

1. Aturan percabangan.

Jumlah arus yang memasuki setiap percabangan dalam sebuah rangkaian harus sama dengan arus yang keluar dari percabangan.

$$\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar} \quad (2.19)$$

Aturan ini merupakan suatu pernyataan tentang kekekalan muatan listrik. Semua muatan yang memasuki titik tertentu dalam sebuah rangkaian harus keluar dari titik tersebut karena muatan tidak dapat bertambah pada sebuah titik. Visualisasi hukum ini jika diterapkan pada percabangan dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut.



Gambar 2. 9 Aturan percabangan Kirchoff.

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh persamaan

$$I_1 = I_2 + I_3$$

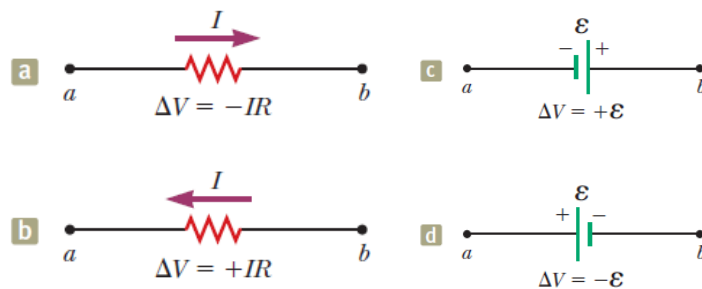
2. Aturan loop

Jumlah beda potensial pada semua elemen disekeliling loop rangkaian harus sama dengan nol.

$$\sum_{loop\ tertutup} \Delta V = 0 \quad (2.20)$$

Aturan Korchoff yang kedua ini diturunkan dari Hukum Kekekalan Energi. Ada beberapa kaidah tanda yang harus diperhatikan saat menggunakan atura kedua:

- Ketika mulatan bergerak dari ujung tegangan tinggi dari suatu resistor ke ujung bertegangan rendah, jika sebuah resistor dilalui searah dengan arus, maka beda potensial ΔV pada resistor adalah $-IR$ (gambar 2.10a).
- Jika suatu resistor bergerak berlawanan arah dengan arus, maka beda potensial ΔV pada resistor adalah $+IR$ (gambar 2.10b).
- Jika satu sumber ggl (diasumsikan memiliki hambatan dalam nol) bergerak searah ggl-nya (dari $-$ ke $+$), beda potensial ΔV adalah $+\varepsilon$ (gambar 2.10c).
- Jika satu sumber ggl (diasumsikan memiliki hambatan dalam nol) dilalui dalam arah yang berlawanan dengan arah ggl (dari $+$ ke $-$), maka beda potensial ΔV adalah $-\varepsilon$ (gambar 2.10d)



Gambar 2. 10 Aturan untuk menentukan beda potensial pada sebuah resistor dan sebuah baterai.

2.8.6. Aplikasi Listrik Searah

Penggunaan alat-alat elektronik rumah tangga akan terjadi proses perubahan energi. Setiap peralatan listrik saat digunakan membutuhkan energi. Makin lama peralatan listrik digunakan, tentunya energi listrik yang diserap akan semakin besar. Energi listrik yang diserap oleh alat listrik dinyatakan dalam daya listrik.

a) Energi listrik

Banyaknya energi listrik yang diserap oleh sumber peralatan listrik sebanding dengan tegangan listrik (V) , kuat arus listrik (I) dan lamanya waktu pemakaian (t). Secara matematis energi listrik dirumuskan :

$$W = Pt = Vit = I^2Rt = \frac{V^2t}{R} \quad (2.21)$$

b) Daya listrik

Daya listrik didefenisikan sebagai laju kerja atau laju transfer energi persatuan waktu. Secara matematis dirumuskan :

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{d(VIt)}{dt} = V \cdot I = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad (2.22)$$

Keterangan :

W	= Energi (Joule)
P	= Daya (Watt)
V	= Tegangan (Volt)
R	= Hambatan (Ohm)
I	= Kuat Arus (Ampere)
t	= Waktu (sekon)

2.9. Penelitian yang Relevan

Berikut beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini yang berkaitan dengan *Blended Learning, Multiple Representations, Complex Problem Solving* dan *learning loss*.

Tabel 2. 2 Penelitian yang Relevan

No.	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Developing Complex Problem-Solving Skills: An Engineering Perspective	<i>International Journal of Advanced Corporate Learning</i>	Schefer-Wenzl, Sigrid, and Igor Miladinovic	2019	Merancang desain kursus <i>Blended Learning</i> untuk mengajarkan <i>CPS</i> pada mahapeserta didik teknik	Mengkaji tentang <i>Blended Learning</i> untuk mengajarkan <i>CPS</i>	Tidak memadukan dengan <i>Multiple Representations</i> dan diterapkan pada mahapeserta didik tidak untuk peserta didik sekolah menengah
2	Heroe's model: Case study to reduce students' learning loss and anxiety	<i>Cypriot Journal of Educational Sciences</i>	Heru Kurniawan dan Budiono	2021	Tidak ditemukan gejala <i>learning loss</i> pada penggunaan model pembelajaran online Heroe dan menunjukkan adanya tingkat penurunan kecemasan	Mengkaji pembelajaran untuk mereduksi <i>learning loss</i>	Pembelajaran dilakukan secara online tidak dengan <i>blended</i>
3	The Use of Multiple Representations in Undergraduate Physics Education: What Do we Know and Where Do we	<i>EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	Nuril Munfaridah, Lucy Avraamidou and Martin Goedhart	2021	Menghasilkan kesimpulan terkait manfaat dan kesenjangan penggunaan <i>Multiple Representations</i> dalam pembelajaran fisika	Mengkaji tentang penggunaan <i>Multiple Representations</i> pada	Terbatas pada identifikasi manfaat dan kesenjangan penggunaan <i>Multiple Representations</i> belum menerapkannya dalam pembelajaran

No.	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
	Go from Here?					pembelajaran fisika	fisika
4	Conceptualising a visual representation model for MOOC-based <i>Blended Learning</i> designs	<i>Australasian Journal of Educational Technology</i>	Laia Albó & Davinia Hernández-Leo	2020	Penggunaan <i>Multiple Representations</i> dalam <i>Blended Learning</i> memungkinkan pendidik untuk dengan mudah memvisualisasikan keseluruhan struktur desain pembelajaran dan hubungan antara elemen desain yang berbeda	Mengkaji penggunaan <i>Multiple Representations</i> dalam <i>Blended Learning</i>	Melihat keefektifan dari perspektif guru tidak untuk peserta didik terutama dalam pembelajaran fisika
5	Using Multiple Representations model to enhance student's understanding in magnetic field direction concepts	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	Siska Desy Fatmaryanti, Suparmi, Sarwanto, Ashadi and Dewanta Arya Nugraha	2019	Pembelajaran dengan menggunakan model <i>Multiple Representations</i> efektif untuk meningkatkan pemahaman peserta didik	Mengkaji hubungan <i>Multiple Representations</i> dengan pemahaman konsep	Penggunaan <i>Multiple Representations</i> untuk mengetahui pemahaman peserta didik tidak untuk melatih kemampuan <i>Complex Problem Solving</i>

Adapun kebaruan dari penelitian ini berdasarkan penelitian terdahulu antara lain :

1. Berdasarkan penelitian Schefer-Wenzl & Miladinovic (2019), *CPS* diajarkan dengan merancang kursus *Blended Learning* yang diterapkan pada mahasiswa teknik. Pada penelitian ini *CPS* dilatihkan dengan merancang program pembelajaran *Blended Learning* yang berbasis *Multiple Representations* dan diterapkan pada peserta didik sekolah menengah.
2. Penelitian oleh Albó & Hernández-Leo (2020) menggunakan *Multiple Representations* dalam *Blended Learning* untuk melihat keefektifan *Multiple Representations* dari perspektif guru, sedangkan pada penelitian ini penerapan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* ditujukan untuk perspektif peserta didik terutama dalam pembelajaran fisika.
3. Penelitian oleh Kurniawan & Budiyo (2021) menggunakan model pembelajaran online Heroe untuk mereduksi *learning loss*, sedangkan pada penelitian ini untuk mereduksi *learning loss* digunakan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*.

2.10. Kerangka Pemikiran

Pada abad ke-21, dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat serta perubahan kultur masyarakat yang begitu signifikan menghadapkan orang dengan lingkungan yang semakin kompleks dan menuntut berbagai masalah untuk dipecahkan. *Complex Problem Solving (CPS)* dianggap sebagai keterampilan yang semakin relevan baik untuk pekerjaan maupun kehidupan pribadi di abad ke-21. Saat memecahkan masalah yang kompleks, ada keterlibatan beberapa proses kognitif yang sangat penting untuk berhasil menangani lingkungan yang selalu berubah-ubah dan melibatkan permasalahan yang sebagian tidak diketahui. Oleh sebab pentingnya *CPS* dalam segala aspek, menstimulus keterampilan ini menjadi sangat penting terutama pada saat proses pembelajaran. Namun, mengingat kondisi pandemi COVID-19 saat ini dengan keterbatasan yang ada, tidak mudah untuk melakukan proses pembelajaran yang maksimal terutama untuk menstimulus *CPS* peserta didik.

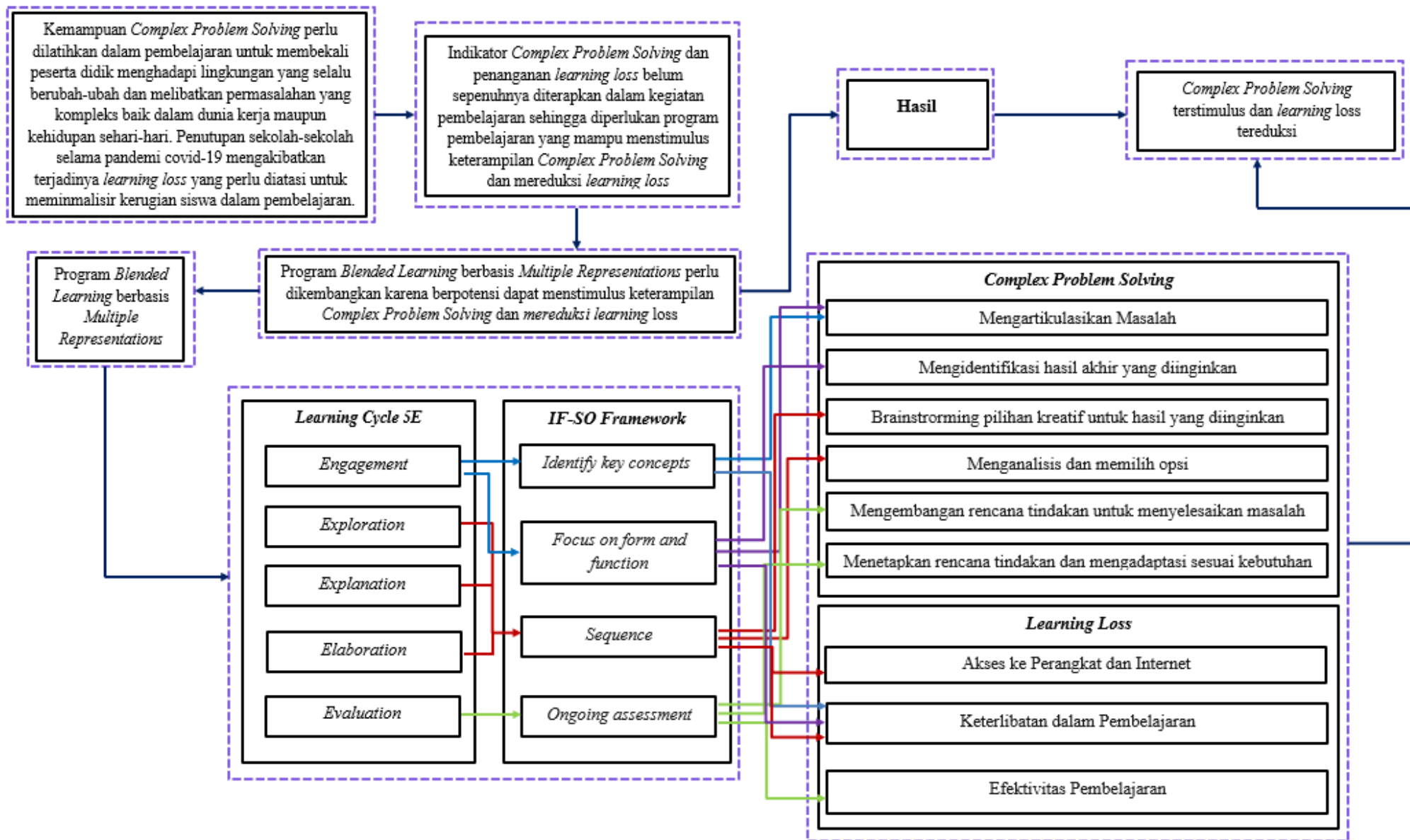
Di sisi lain, situasi pandemi COVID-19 mendorong pemerintah di berbagai negara membuat kebijakan melaksanakan pembelajaran jarak jauh yang ternyata memberikan dampak peserta didik banyak kehilangan kesempatan belajar dan mengalami kemunduran dalam pembelajaran (*learning loss*). Fenomena terjadinya *learning loss* ini menuntut berbagai pihak untuk memberikan solusi yang tepat di tengah ancaman keselamatan yang harus diutamakan. Pentingnya *CPS* serta adanya fenomena *learning loss* yang terjadi merupakan permasalahan krusial yang membutuhkan penyelesaian dengan segera. Dengan demikian diperlukan inovasi pendidikan terutama dalam proses pembelajaran yang berorientasi untuk menstimulus *CPS* serta mereduksi *learning loss*.

Pembelajaran yang menekankan penerapan *Multiple Representations (MRs)* dalam program *Blended Learning* menjadi salah satu alternatif inovasi pendidikan yang berpotensi untuk menstimulus *CPS* dan mereduksi *learning loss*. Penelitian tentang pembelajaran dengan *MRs* telah menunjukkan bahwa kinerja peserta didik akan meningkat ketika mampu berinteraksi dengan representasi yang tepat, dapat memfasilitasi pemahaman konsep peserta didik dan mendukung mereka dalam memecahkan masalah. Demikian pula pembelajaran dengan *Blended Learning* yang dirancang dengan cermat memiliki potensi untuk meningkatkan pendidikan tinggi terutama dalam skenario pasca-pandemi. Penelitian tentang penerapan *MRs* dalam *Blended Learning* menemukan bahwa kegiatan tersebut memungkinkan pendidik untuk dengan mudah memvisualisasikan keseluruhan struktur desain pembelajaran dan hubungan antara elemen desain yang berbeda.

Untuk memahami atau menjelaskan konsep dalam sains, perlu adanya kegiatan representasional yang menuntut peserta didik menggunakan sumber daya kognitif dan representasional yang mereka miliki. Kegiatan yang dimaksud dapat dilatihkan dalam aktivitas yang diadopsi dari kerangka *IF-SO* yang diusulkan oleh Waldrup yang meliputi: *Identify key concepts*, *Focus on form and function*, *Sequence*, serta *Ongoing assessment*. Selanjutnya, untuk melatih *Complex Problem Solving* dan meminimalisir *learning loss* dibutuhkan model pembelajaran yang mendukung pengembangan keterampilan abad 21. Salah satu

model yang diklaim sangat relevan dengan kebutuhan keterampilan abad 21 adalah model instruksional BSCS 5E yang diusulkan oleh bybee yang meliputi: *Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, dan Evaluation*. Kolaborasi antara kerangka *IF-SO* dengan model instruksional BSCS 5E nantinya akan diterapkan dengan sistem *Blended Learning* yang menggabungkan pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran online dengan memanfaatkan *Learning Management System (LMS)* berupa *Google Classroom*.

Pembelajaran menggunakan sistem *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dengan menggabungkan kerangka *IF-SO* dan model instruksional BSCS 5E dengan memadukan setiap tahapannya, diharapkan mampu menstimulus keterampilan abad 21 khususnya *Complex Problem Solving* serta mampu mengatasi permasalahan fenomena *learning loss* yang dihadapi peserta didik. Oleh sebab itu, peneliti ingin mengembangkan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *learning loss*. Adapun bagan kerangka berpikir dijabarkan lebih dalam pada gambar 2.10.



Gambar 2. 11 Bagan Kerangka Pemikiran.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Islam Plus At Tholibin, yang beralamat di Jl. Jl. Bahari Kampung Surabaya Ilir, Kec. Bandar Surabaya, Kab. Lampung Tengah, Prov. Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada kelas XII semester ganjil tahun pelajaran 2022/2023.

3.2. Subjek Penelitian dan Objek Penelitian

Adapun subjek dan objek dalam penelitian ini adalah:

1. Subjek Penelitian

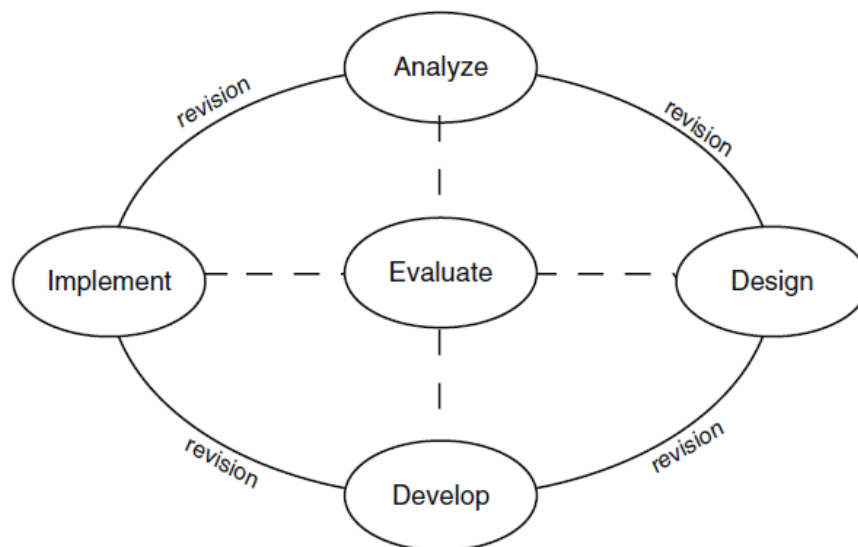
Subjek dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XII MIA 1 dan XII MIA 2 SMA Islam Plus At Tholibin tahun pelajaran 2022/2023.

2. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *learning loss* pada materi rangkaian listrik arus searah.

3.3. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima langkah, yaitu: (1) *analyze*, (2) *design*, (3) *development*, (4) *implementation*, dan (5) *evaluation*. Adapun visualisasi konsep desain ADDIE dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut (Branch, 2010).



Gambar 3. 1 Konsep ADDIE

3.4. Prosedur Pengembangan Produk

Prosedur pengembangan dalam penelitian ini meliputi lima tahap yaitu tahap analisis, desain/perancangan, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Berikut uraian tahapan penelitian yang akan dilakukan:

1. Tahap Analisis (*Analyze*)

Tahap analisis mencakup dua kegiatan yang meliputi:

a) Analisis Masalah

Pada tahap ini dilakukan investigasi terhadap beberapa masalah yang muncul dalam kegiatan pembelajaran di lapangan melalui analisis kebutuhan berupa literature review dari berbagai penelitian terdahulu serta melaksanakan penyebaran angket kepada peserta didik dan guru di beberapa sekolah dan mengidentifikasi solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Analisis masalah pada penelitian ini adalah masih terbatasnya pengajaran *CPS* pada sekolah menengah dan banyak peserta didik yang terdampak *learning loss* akibat pandemi COVID-19. Hasil survei terhadap 13 guru fisika yang tersebar di 4 provinsi di Indonesia yang meliputi provinsi Lampung, DIY, Jawa Tengah dan Jawa Barat, menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang dilakukan di sekolah sudah cenderung *student centered*. Akan tetapi, *Complex Problem*

Solving (CPS) belum sepenuhnya dilatihkan dalam pembelajaran. Hal ini diketahui dari belum termuatnya seluruh indikator *CPS* dalam kegiatan pembelajaran, bahan ajar maupun LKPD yang digunakan guru. Selanjutnya ketidakefektifan belajar selama masa pandemi disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya keterbatasan sinyal internet (7,7 %), keterbatasan media pembelajaran (15,4 %), keterbatasan alat untuk melakukan praktikum (61,5 %), serta keterbatasan media dan bahan ajar yang dapat menampilkan berbagai konsep dengan berbagai representasi (verbal, gambar, grafik, diagram, tabel, atau persamaan matematis) secara bersamaan (61,5 %). Ketidakefektifan pembelajaran yang dilakukan berdampak pada banyaknya peserta didik yang mengalami kemunduran dalam belajar dan penurunan kemajuan akademik (*learning loss*). Beberapa perilaku peserta didik yang jarang mengumpulkan tugas, berkurangnya sikap disiplin saat masuk kelas, cenderung sibuk bermain game, serta menurunnya nilai akademik mengindikasikan gejala *learning loss* yang dialami.

b) Analisis Komponen Pembelajaran

Pada tahap ini mencakup analisis tujuan pembelajaran/kompetensi, analisis situasi pembelajaran, analisis peserta didik, dan analisis isi pembelajaran. Analisis komponen pembelajaran dilakukan untuk menggali informasi tentang pembelajaran fisika yang dilaksanakan yang meliputi model/metode pembelajaran yang digunakan, penggunaan bahan ajar dalam pembelajaran, keterampilan yang dilatihkan, pelaksanaan kegiatan praktikum, dan penilaian hasil belajar peserta didik.

2. Tahap Desain (*Design*)

Hasil dari tahap analisis kemudian dijadikan acuan untuk menyusun rancangan awal program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* yang berpotensi untuk memenuhi gap yang ditemukan. Pada tahap ini peneliti merancang produk berupa program pembelajaran yang terdiri dari silabus, RPP, e-LKPD, dan *e-Handout* yang akan dikembangkan dengan didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan. Tahap ini dilakukan oleh peneliti dengan pengumpulan referensi untuk pembuatan program pembelajaran, perancangan

program pembelajaran, dan dilanjutkan pembuatan instrumen berupa angket uji validitas, angket respon peserta didik, instrumen tes *CPS* dan skala learning loss.

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Pada tahap pembangan produk ini dilakukan pengembangan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* berdasarkan hasil rancangan pada tahap sebelumnya, yang meliputi Silabus berupa pengembangan kompetensi dasar, RPP, *e-LKPD* dan *e-Handout*. Melakukan penyesuaian kompetensi inti, kompetensi dasar, tujuan, petunjuk penggunaan, uraian materi, pembahasan dan latihan soal untuk *e-LKPD* dan *e-Handout*. Selanjutnya, dilakukan validasi terhadap program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* menggunakan lembar skala uji validitas. Tujuan validasi untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan untuk diimplementasikan pada pembelajaran. Sehingga nanti akan didapat saran untuk memperbaiki produk sebelum diujicobakan di lapangan.

Validasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi validasi media dan desain serta validasi materi (isi). Validasi dilakukan secara bersiklus hingga diperoleh produk yang valid.

a. Validasi Media

Validasi media dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi oleh ahli adalah kualitas teknis berupa tampilan, bahasa, isi dan interaktivitas.

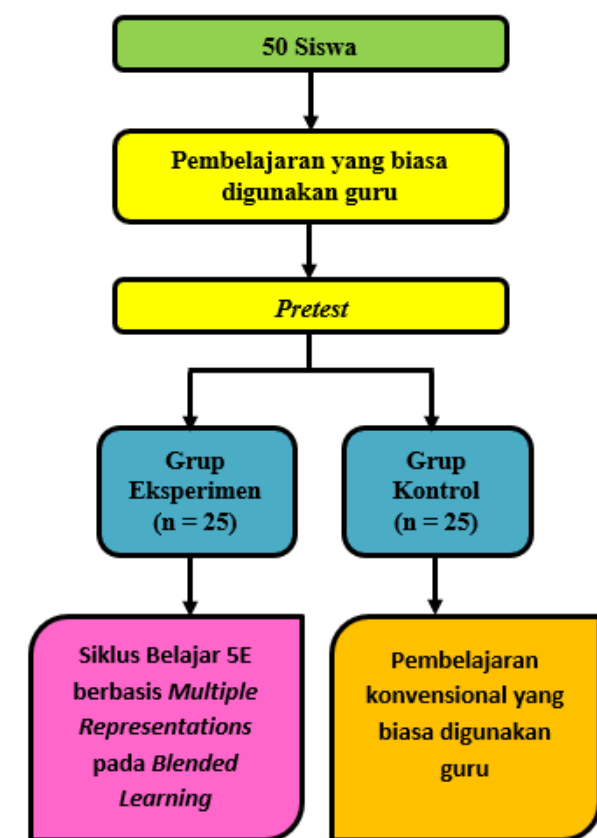
b. Validasi Isi

Validasi isi dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi adalah kualitas program pembelajaran (*appropriateness*) dan komponen kualitas materi (*acuracy, currency, and clarity*).

4. Tahap Implementasi (*Implement*)

Tahap implementasi dilakukan dengan melaksanakan penelitian menggunakan kuasi eksperimen dengan desain “*Non- equivalent Pretest – Postest Control Group Design*”. Selanjutnya dilakukan uji coba terhadap kelompok eksperimen

dengan kelompok kontrol sebagai pembanding. Tujuan ujicoba produk untuk mengetahui keefektifan dan kepraktisan produk. Kelompok eksperimen (Kelas XII MIA 1) menggunakan langkah siklus 5E yang diintegrasikan dengan *IF-SO Framework* di mana pembelajaran dilakukan secara *blended*. Sedangkan kelompok kontrol (XII MIA 2) menggunakan pembelajaran konvensional. Adapun gambaran perbandingan *treatment* pada grup eksperimen dan grup kontrol ditunjukkan oleh gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Perbandingan treatment pada grup eksperimen dan grup kontrol.

Tahap uji coba atau Implementasi dilakukan secara terbatas di SMA Islam Plus At Tholibin untuk mengetahui kepraktisan dan efektivitas program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* dalam menstimulus *complex problem solving* peserta didik dan mereduksi *learning loss*. Uji kepraktisan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* menggunakan angket keterbacaan dan kemenarikan yang diisi oleh peserta didik. Sedangkan untuk

melihat keefektifan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations*, menggunakan *independent sample t-test* dengan hipotesis sebagai berikut:

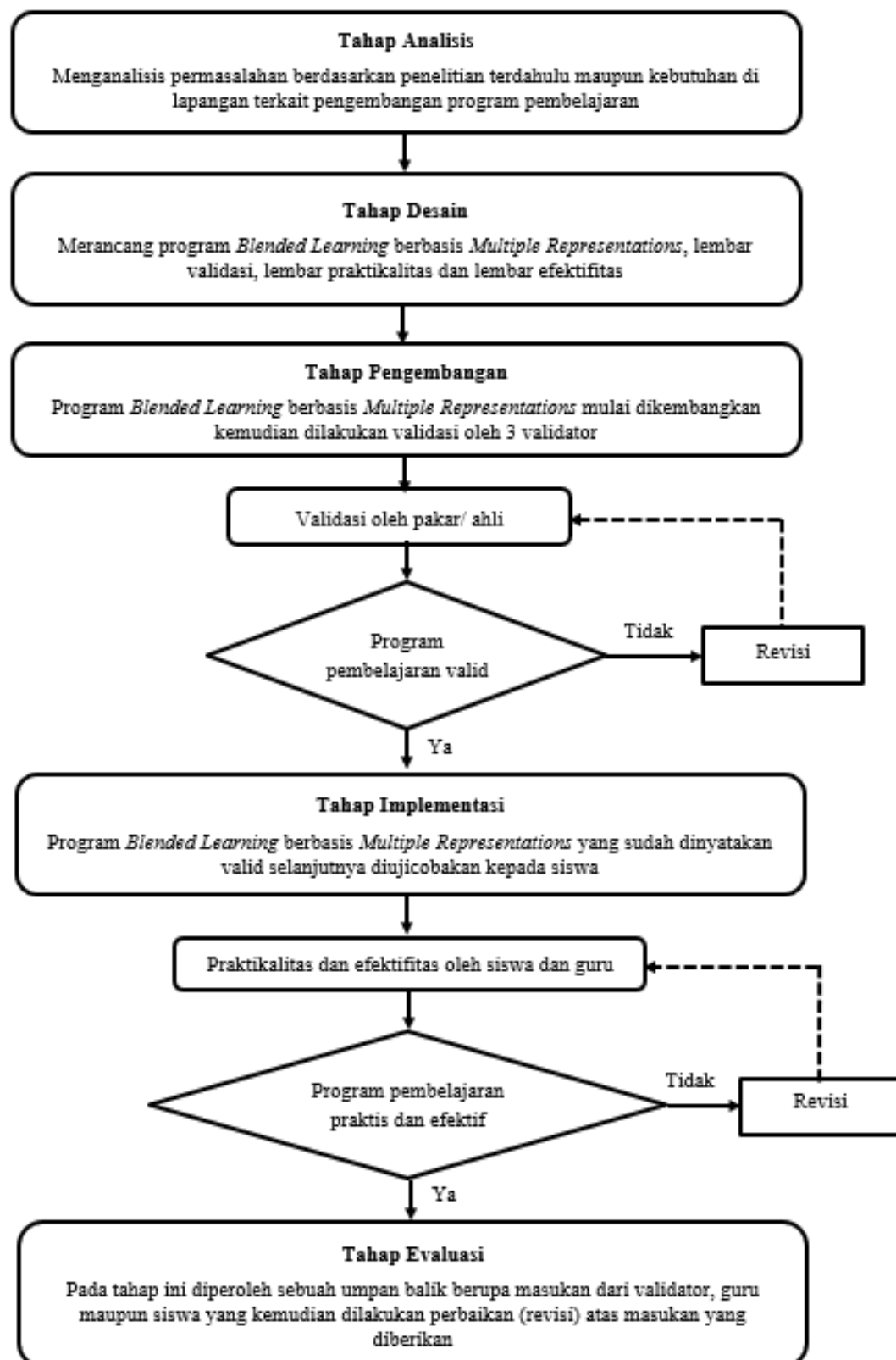
H_0 = kelas eksperimen = kelas kontrol

H_1 = kelas eksperimen > kelas kontrol

Di mana *Effect size* dihitung menggunakan uji ANCOVA

5. Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi sudah dilakukan saat tahap analisis, desain, pengembangan dan implementasi. Tahap evaluasi di sini meliputi *internal* dan *external evaluation*. Evaluasi internal dilaksanakan untuk mengetahui kualitas produk. Evaluasi internal dalam penelitian ini adalah analisis masalah, perbaikan desain, validasi dari ahli isi dan konstruk, respon dari pendidik dan peserta didik. Evaluasi eksternal dimaksudkan untuk mengetahui tingkat *complex problem solving* peserta didik dan tereduksinya *learning loss*. Hal ini untuk mengetahui efektivitas program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk menstimulus keterampilan *Complex Problem Solving* dan mereduksi *learning loss*. Hasil evaluasi digunakan sebagai umpan balik untuk memperbaiki produk. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui keberhasilan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* sehingga dapat dikatakan valid dan praktis. Berikut disajikan diagram alur penelitian pengembangan model ADDIE.



Gambar 3. 3 Diagram alur penelitian pengembangan model ADDIE.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini terdiri atas 2 jenis data yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif terdiri atas data hasil validasi produk Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang dikembangkan, serta respon pendidik dan peserta didik setelah menggunakan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*. Sedangkan data kuantitatif adalah skor *complex problem solving* peserta didik dan skor skala learning loss. Secara rinci data yang diambil pada penelitian ini yaitu:

a. Data Validasi Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*

Data validasi produk yang dikembangkan terdiri dari validasi materi (isi) yang berisi tentang kelayakan materi pembelajaran fisika dalam program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* pada materi rangkaian listrik arus searah sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran yang telah disusun. Selain itu, data validasi produk juga berupa validasi media yang menganalisis dan mengkaji dari segi tampilan media, kemenarikan media dan aspek kemudahan penggunaan media secara menyeluruh.

b. Data Kepraktisan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*

Data kepraktisan diperoleh dari hasil pengisian angket keterbacaan dan kemenarikan oleh peserta didik setelah menggunakan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* yang dikembangkan pada topik rangkaian listrik arus searah. Peserta didik diminta kesediaannya untuk memberikan tanggapan terhadap keterbacaan dan kemenarikan program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* yang dikembangkan, dengan memberikan tanda (√) pada pilihan yang disajikan dalam bentuk skala likert untuk setiap item pernyataan yang ada pada angket setelah penggunaan Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*.

c. Data Tes *Complex Problem Solving*

Data tes *Complex Problem Solving* peserta didik diambil pada tahap sebelum dan setelah implementasi uji coba produk.

d. Data *Learning Loss*

Data *learning loss* peserta didik diambil pada tahap sebelum dan setelah implementasi uji coba produk.

3.6. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah instrumen non tes yang berkaitan dengan pengembangan produk program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dan instrumen tes yang berkaitan dengan proses pembelajaran pada tahap implementasi produk yang telah dikembangkan. Instrumen non tes berupa lembar validasi ahli, angket keterbacaan dan kemenarikan yang diisi oleh peserta didik setelah penggunaan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dan skala *learning loss* untuk mengetahui adanya *learning loss*. Sedangkan instrumen tes digunakan untuk mengukur keefektifan produk dalam menstimulus *CPS* .

Ada beberapa kuesioner yang digunakan pada penelitian, diantaranya:

a) Kuesioner Pra-Penelitian

Lembar kuesioner di berikan pada saat analisis kebutuhan untuk mengetahui kebutuhan dan permasalahan pembelajaran pada peserta didik. Kuesioner ini diisi oleh 13 guru dan 25 peserta didik. Data hasil pengisian kuesioner selanjutnya dijadikan sebagai dasar pengembangan produk.

b) Angket Validasi Produk

Angket validasi media dan materi program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* memuat pernyataan tertulis kepada tiga validator ahli akademisi dan praktisi. Angket validasi bertujuan untuk memperoleh respon dari validator mengenai kesesuaian produk dengan materi yang sedang dikembangkan oleh peneliti. Hasil dari validator digunakan sebagai acuan apakah produk yang dikembangkan sudah valid atau belum. Penskoran yang terdapat pada angket uji validitas ini menggunakan skala likert yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurens, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Skala Likert pada Angket Uji Validitas

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

c) Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik digunakan untuk mengumpulkan pendapat mereka mengenai kepraktisan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*. Angket ini diisi oleh 25 peserta didik yang telah mengalami pembelajaran dengan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*. Penskoran yang terdapat pada angket uji respon peserta didik ini menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Skala Likert pada Angket Respon Peserta Didik

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

d) Skala *Learning Loss*

Skala *learning loss* diberikan pada saat sebelum dan setelah implementasi program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* untuk mengetahui adanya *learning loss* sebelum implementasi dan mengetahui berkurang tidaknya *learning loss* setelah implementasi program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*. Instrumen skala *learning loss* dikembangkan dengan mengadaptasi hasil survei *learning loss* yang dilakukan oleh Chen, et al (2021). Oleh sebab itu, instrumen skala *learning loss* perlu dilakukan uji reliabilitas untuk mengetahui keajegan instrumen. Uji coba instrumen *learning loss* dilakukan oleh 60 peserta didik. Hasil uji coba kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah instrumen skala *learning loss* reliabel atau tidak. Penskoran yang terdapat pada skala *learning loss* ini menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Skala *Likert* pada Skala *learning loss*

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

Adapun uji reliabilitas instrumen, menggunakan bantuan software AnatesV4 kemudian output nilai koefisien reliabilitas diinterpretasikan dalam sebuah kriteria reliabilitas. Penentuan klasifikasi koefisien korelasi reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
$0,800 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,600 < r_{11} \leq 0,790$	Tinggi
$0,400 < r_{11} \leq 0,590$	Cukup
$0,200 < r_{11} \leq 0,390$	Rendah
$0,000 < r_{11} \leq 0,190$	Sangat Rendah

e) Instrumen Tes *Complex Problem Solving*

Instrumen tes yang digunakan pada penelitian ini berupa soal fisika yang diadaptasi dari soal PISA untuk mengukur *CPS* yang diberikan pada tahap implementasi. Sama halnya dengan skala *learning loss*, instrumen *CPS* juga perlu dilakukan uji reliabilitas untuk mengetahui keajegan instrumen. Uji coba instrumen tes *CPS* dilakukan oleh 60 peserta didik.

3.7. Teknik Analisis Data

Penelitian pengembangan ini menggunakan metode campuran *mixed method*. *Mixed method* merupakan perpaduan metode penelitian antara metode kualitatif dan metode kuantitatif. Implementasi penggunaan *mixed method* pada penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara bertahap (berurutan) atau dengan mengumpulkan data pada waktu yang bersamaan (Creswell & Creswell, 2017).

a) Analisis Kevalidan Program *Blended Learning* Berbasis *Multiple Representations*

Data validitas diperoleh dari angket uji ahli materi (isi) serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator, kemudian data validitas dianalisis dengan menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase data validitas yang diperoleh, kemudian dikonversikan dengan kriteria yang diadaptasi dari (Arikunto, 2013) seperti yang terlihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Konversi Skor Penilaian Validitas Produk

Presentase	Kriteria
0,00% - 20%	Validitas sangat rendah/ tidak baik
20,1% - 40%	Validitas rendah/ kurang baik
40,1% - 60%	Validitas sedang/ cukup baik
60,1% - 80%	Validitas tinggi/ baik
80,1% - 100%	Validitas sangat tinggi/ sangat baik

Berdasarkan Tabel 3.1, peneliti memberikan batasan bahwa produk program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang dikembangkan terkategori valid jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal presentase sebesar 60% dengan kriteria validitas sedang/cukup baik.

b) Analisis Data Kepraktisan Program *Blended Learning* Berbasis *Multiple Representations*

Kepraktisan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* diperoleh dari angket uji keterbacaan dan kemenarikan yang diisi oleh peserta didik, kemudian data dianalisis dengan menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase data kepraktisan yang diperoleh, kemudian dikonversikan dengan kriteria yang diadaptasi dari (Arikunto, 2013) seperti yang terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

Presentase	Kriteria
0,00% - 20%	Kepraktisan sangat rendah/ tidak praktis
20,1% - 40%	Kepraktisan rendah/ kurang praktis
40,1% - 60%	Kepraktisan sedang/ cukup praktis
60,1% - 80%	Kepraktisan tinggi/ praktis
80,1% - 100%	Kepraktisan sangat tinggi/ sangat praktis

c) Analisis Keefektifan Program *Blended Learning* Berbasis *Multiple Representations*

Efektivitas program *Blended Learning* berbasis *multiple representations* dilakukan dalam uji terbatas. Adapun desain eksperimen yang digunakan yaitu “*Non- equivalent Pretest – Posttest Control Group Design*” yaitu eksperimen dilakukan pada dua kelompok yang diberi *treatment* atau perlakuan berbeda dan selanjutnya diobservasi hasilnya untuk mengetahui terstimulusnya *CPS* dan tereduksinya *learning loss* peserta didik. Analisis Keefektifan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* ditentukan oleh hasil tes *CPS* dan hasil skala *learning loss*. Kegiatan yang dilakukan dalam proses analisis data keefektifan adalah sebagai berikut:

1. Penilaian kualitatif hasil pengamatan adanya *learning loss* sebelum dan pada saat pelaksanaan pembelajaran *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* dilakukan dengan menggunakan skala *learning loss*. Hasil penilaian *learning loss* dikodekan dengan skala kualitatif kemudian dilakukan pengubahan nilai kualitatif menjadi nilai kuantitatif dengan ketentuan rubrik penilaian.
2. Data hasil dari skala *learning loss* yang berbentuk ordinal kemudian diubah menjadi interval menggunakan metode MSI (*Method Successive Interval*) agar dapat diolah sebagaimana pengolahan data kuantitatif pada hasil tes *CPS*.
3. Melakukan pengolahan data penelitian kuantitatif berupa skor skala *learning loss* yang telah diubah menjadi data berbentuk interval dan hasil tes *CPS* yang

dimulai dengan uji statistik berupa uji normalitas dan homogenitas, sebagai berikut:

- a) Uji normalitas dengan menggunakan *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* menggunakan IBM SPSS 24.
- b) Uji homogenitas dengan *Leven Test* dari IBM SPSS 24.
- c) Uji t dilakukan untuk menguji hipotesis penelitian mengenai pengaruh dari masing-masing variabel bebas secara parsial terhadap variabel terikat. Uji t (*t Test*) adalah salah satu test statistik yang dipergunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis yang menyatakan bahwa diantara dua buah mean sampel yang diambil secara random dari populasi yang sama, tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Sudijono, 2008). *T-statistics* merupakan suatu nilai yang digunakan guna melihat tingkat signifikansi pada pengujian hipotesis dengan cara mencari nilai *T-statistics* melalui prosedur *bootstrapping*. Pada pengujian hipotesis dapat dikatakan signifikan ketika nilai *T-statistics* lebih besar dari 1,96, sedangkan jika nilai *T-statistics* kurang dari 1,96 maka dianggap tidak signifikan (Ghozali, 2016).

Pengambilan keputusan dilakukan dengan melihat nilai signifikansi pada tabel *Coefficients*. Biasanya dasar pengujian hasil regresi dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau dengan taraf signifikannya sebesar 5% ($\alpha = 0,05$).

Adapun kriteria dari uji statistik t (Ghozali, 2016):

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

Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini adalah:

H_0 = Pengembangan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* tidak menstimulus *Complex Problem Solving* dan tidak mereduksi *learning loss*.

H_1 = Pengembangan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* menstimulus *Complex Problem Solving* dan mereduksi *learning loss*.

d) *N-Gain*

Untuk mengetahui signifikansi terstimulusnya *CPS* dan tereduksinya *learning loss* setelah peserta didik mengalami perlakuan, diuji dengan persamaan *N-gain* sebagai berikut (Meltzer, 2002).

$$N\text{-gain} = \frac{\text{posttest score} - \text{pretest score}}{\text{maximum possible score} - \text{pretest score}}$$

Klasifikasi *N-gain* ternormalisasi menurut Richard R. Hake dapat dilihat dalam Tabel 3.7 berikut (Hake, 1999).

Tabel 3.7 Kriteria Interpretasi Koefisien N-Gain

Rata-rata <i>N-Gain</i> Ternormalisasi	Klasifikasi
$N\text{-gain} \leq 0,30$	Rendah
$0,30 < N\text{-gain} < 0,70$	Sedang
$0,70 < N\text{-gain} < 1,00$	Tinggi

e) Uji Dampak dengan Analisis *Covarian* (ANCOVA)

Untuk menguji tingkat signifikansi efek *treatment* berdasarkan skor *pretest* dan *posttest learning loss* dan *CPS* peserta didik dilakukan dengan menggunakan uji statistik Analisis *Covarian* (ANCOVA). Berikut langkah-langkah melakukan analisis ANCOVA pada SPSS:

1. Memilih *Analyze* pada menu Toolbar SPSS kemudian pilih *General Linear Model* → *Univariate*;
2. Memasukkan nilai *Posttest* pada posisi *Dependent Variable*;
3. Memasukkan variabel kelas pada *Fixed Factor* (s);
4. Memasukkan nilai *pretest* pada posisi *Covariates*(s);
5. Pada *Model*: pilih *Full Factorial*. Kemudian di-Klik *Continue*;
6. Pada *Option*: pilih *Descriptive statistics*, *Estimates of Effect size*, dan *Parameter Estimates*. Klik *Continue*;
7. Kemudian pilih OK

Penggunaan program pembelajaran dikatakan efektif dalam pembelajaran jika variabel yang diharapkan setelah menggunakan program pembelajaran menjadi lebih baik dari sebelumnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* yang dikembangkan dinyatakan valid setelah memenuhi beberapa aspek penilaian dari para ahli. Proses pembelajaran dirancang dengan memuat aktivitas-aktivitas yang memaksimalkan penggunaan representasi internal dan eksternal. Kegiatan pembelajaran dirancang untuk mendorong keaktifan peserta didik dan memunculkan pembelajaran yang bersifat dua arah di mana setiap kegiatan berisi aktivitas yang ditujukan untuk menstimulus *CPS* dan mereduksi *learning loss*. Desain *e-LKPD* dan *e-Handout* berbasis *MRs* telah disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik untuk belajar secara mandiri maupun secara kelompok yang ditujukan untuk menstimulus *CPS* dan mereduksi *learning loss*. Setiap langkah *e-LKPD* berbasis *MRs* dirancang dengan memunculkan kegiatan representasional yang dapat memfasilitasi kebutuhan belajar peserta didik yang berbeda-beda, memungkinkan terjadinya interaksi antara peserta didik dengan peserta didik lain dan peserta didik dengan guru, memungkinkan penggunaan media, baik cetak maupun elektronik untuk mencari informasi, memungkinkan guru bertindak sebagai fasilitator dan motivator, memberi arahan dan contoh solusi dalam memecahkan masalah, serta memberi penguatan terhadap pendapat peserta didik.
2. Kepraktisan program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* ditinjau berdasarkan respon peserta didik yang meliputi respon terhadap proses pembelajaran, respon terhadap *e-LKPD* dan *e-Handout* berbasis *Multiple*

Representations sehingga dapat digunakan pada pembelajaran fisika SMA kelas XII semester ganjil topik listrik arus searah.

3. Efektivitas program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* terkategori sedang sehingga mampu menstimulus *complex problem solving* dan mereduksi *learning loss*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Peneliti maupun guru yang hendak mengadaptasi program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* pada pembelajaran fisika diharapkan dapat mengalokasikan waktu dengan sebaik mungkin, memperhatikan kesiapan peserta didik baik dari segi psikologi maupun literasi teknologi yang dimiliki, serta memperhatikan ketersediaan jaringan internet untuk memaksimalkan program pembelajaran yang dihasilkan.
2. Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* sebaiknya digunakan secara berkala, supaya peserta didik terbiasa sehingga output yang dihasilkan lebih maksimal.
3. Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan bentuk media pembelajaran yang dapat diintegrasikan dalam program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations*, supaya dihasilkan produk yang lebih lengkap dengan harapan kemampuan yang dilatihkan lebih maksimal.
4. Program *Blended Learning* berbasis *Multiple Representations* sebaiknya diujicobakan di sekolah-sekolah lain untuk mendapatkan uji kepraktisan dan uji keefektifan yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Abdurrahman, Cris Ayu Setyaningsih, and Tri Jalmo. 2019. "Implementating Multiple Representation-Based Worksheet to Develop Critical Thinking Skills." *Journal of Turkish Science Education* 16(1): 138–55.
- Ahmad, Shahzad, Naveed Sultana, and Sadia Jamil. 2020. "Behaviorism vs Constructivism: A Paradigm Shift from Traditional to Alternative Assessment Techniques." *Journal of Applied Linguistics and Language Research* 7(2): 19–33.
- Ainsworth, Shaaron. 1999. "The Functions of Multiple Representations." *Computers and Education* 33(2–3): 131–52.
- . 2006. "DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations." *Learning and Instruction* 16(3): 183–98.
- Albó, Laia, and Davinia Hernández-Leo. 2020. "Conceptualising a Visual Representation Model for MOOC-Based *Blended Learning* Designs." *Australasian Journal of Educational Technology* 36(4): 1–26.
- Anas, Sudijono. 2008. "Pengantar Statistik Pendidikan." *Jakarta: Raja Grafindo Persada*.
- Andrew, Alison *et al.* 2020. "Inequalities in Children's Experiences of Home Learning during the COVID-19 Lockdown in England." *Fiscal Studies* 41(3): 653–83.
- Andrian, Yusuf, and Rusman Rusman. 2019. "Implementasi Pembelajaran Abad 21 Dalam Kurikulum 2013." *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan* 12(1): 14–23.
- Andriani, Wiwin, M Subandowo, Hari Karyono, and Wawan Gunawan. 2021. "Learning Loss Dalam Pembelajaran Daring Di Masa Pandemi Corona." In *Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran*, , 484–501.

- Apriani, Ririn *et al.* 2021. “Pengembangan Modul Berbasis Multipel Representasi Dengan Bantuan Teknologi Augmented Reality Untuk Membantu Siswa Memahami Konsep Ikatan Kimia.” *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA* 5(4): 305–30.
- Arikunto, Suharsimi. 2013. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Aucejo, Esteban M, Jacob French, Maria Paola Ugalde Araya, and Basit Zafar. 2020. “The Impact of COVID-19 on Student Experiences and Expectations: Evidence from a Survey.” *Journal of public economics* 191: 104271.
- Bhagat, Kaushal Kumar, and J. Michael Spector. 2017. “Formative Assessment in Complex Problem-Solving Domains: The Emerging Role of Assessment Technologies.” *Educational Technology and Society* 20(4): 312–17.
- Binkley, Marilyn *et al.* 2012. “Defining Twenty-First Century Skills.” In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, 17–66.
- Branch, Robert Maribe. 2010. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US.
- Bybee, Rodger W. 2009. “The BSCS 5E Instructional Model and 21st Century Skills.” *Colorado Springs, CO: BSCS* 24.
- Bybee, Rodger W, Janet Carlson Powell, and Leslie W Trowbridge. 2014. *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. Pearson Higher Ed.
- Calderón, Antonio, Dylan Scanlon, Ann MacPhail, and Brigitte Moody. 2021. “An Integrated *Blended Learning* Approach for Physical Education Teacher Education Programmes: Teacher Educators’ and Pre-Service Teachers’ Experiences.” *Physical Education and Sport Pedagogy* 26(6): 562–77. <https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1823961>.
- Chen, Lia-Kai, Emma Dorn, Jimmy Sarakatsannis, and Anna Wiesinger. 2021. “Teacher Survey : Learning Loss Is Global and Significant.” *Mckinsey & Company* (March): 10. [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Public and Social Sector/Our Insights/Teacher survey Learning loss is global and significant/Teacher-survey-Learning-loss-is-global-and-significant.pdf?shouldIndex=false](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Public%20and%20Social%20Sector/Our%20Insights/Teacher%20survey%20Learning%20loss%20is%20global%20and%20significant/Teacher-survey-Learning-loss-is-global-and-significant.pdf?shouldIndex=false).
- Citra, C, Distrik, I.W., and Herlina, K. 2020. “The Practicality and Effectiveness of Multiple Representations Based Teaching Material to Improve Student’s

- Self-Efficacy and Ability of Physics Problem Solving.” In *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 12029.
- Collins, Janet, Michael Hammond, and Jerry Wellington. 2002. *Teaching and Learning with Multimedia*. Routledge.
- Cooper, Harris. 2003. “Summer Learning Loss: The Problem and Some Solutions. ERIC Digest.”
- Creswell, John W, and J David Creswell. 2017. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage publications.
- Dietrich, Hans, Alexander Patzina, and Adrian Lerche. 2021. “Social Inequality in the Homeschooling Efforts of German High School Students during a School Closing Period.” *European Societies* 23(sup1): S348–69.
- Dorn, Emma, Bryan Hancock, Jimmy Sarakatsannis, and Ellen Viruleg. 2020. “COVID-19 and Learning Loss—Disparities Grow and Students Need Help.” *McKinsey & Company*, December 8: 224–28.
- Dörner, Dietrich. 1986. “Diagnostik Der Operativen Intelligenz.” *Diagnostica*.
- . 1990. “The Logic of Failure.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 327(1241): 463–73.
- Dörner, Dietrich, and Joachim Funke. 2017a. “Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not.” *Frontiers in Psychology* 8(JUL): 1–2.
- . 2017b. “Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not.” *Frontiers in psychology* 8: 1153.
- Dörner, Dietrich, and Alex J Wearing. 1995. “Complex Problem Solving: Toward a (Computersimulated) Theory.” *Complex problem solving: The European perspective*: 65–99.
- Duran, Lena Ballone, and Emilio Duran. 2004. “The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching.” *Science Education Review* 3(2): 49–58.
- Eichmann, Beate *et al.* 2019a. “The Role of Planning in Complex Problem Solving.” *Computers and Education* 128: 1–12.
- . 2019b. “The Role of Planning in Complex Problem Solving.” *Computers and Education* 128(July 2018): 1–12.
- . 2020. “Using Process Data to Explain Group Differences in Complex Problem Solving.” *Journal of educational psychology* 112(8): 1546.

- Engzell, Per, Arun Frey, and Mark D Verhagen. 2021. "Learning Loss Due to School Closures during the COVID-19 Pandemic." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(17).
- Ertmer, Peggy A, and Timothy J Newby. 1993. "Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from an Instructional Design Perspective." *Performance improvement quarterly* 6(4): 50–72.
- Fahrurrozi, Muh, and Zana Mohzana. 2020. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Tinjauan Teoretis Dan Praktik*. Nusa Tenggara Timur: Hamzanwadi Press.
- Fatmaryanti, Siska Desy, and Dewanta Arya Nugraha. 2019. "Using Multiple Representations Model to Enhance Student's Understanding in Magnetic Field Direction Concepts." In *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 12147.
- Fischer, Andreas, Samuel Greiff, and Joachim Funke. 2012. "The Process of Solving Complex Problems." *The Journal of Problem Solving* 4(1).
- Ford, Michael. 2008. "Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning." *Science Education* 92(3): 404–23.
- Funke, Joachim, Andreas Fischer, and Daniel v Holt. 2018. "Competencies for Complexity: Problem Solving in the Twenty-First Century." In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, 41–53.
- Ghozali, Imam. 2016. "Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23 (Edisi 8)." *Cetakan ke VIII. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro* 96.
- Graesser, Arthur C *et al.* 2018. "Challenges of Assessing Collaborative Problem Solving." In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, 75–91.
- Graesser, Arthur, Bor Chen Kuo, and Chen Huei Liao. 2017. "Complex Problem Solving in Assessments of Collaborative Problem Solving." *Journal of Intelligence* 5(2): 1–14.
- Grätz, Michael, and Oliver Lipps. 2021. "Large Loss in Studying Time during the Closure of Schools in Switzerland in 2020." *Research in social stratification and mobility* 71: 100554.
- Greiff, Samuel *et al.* 2013. "Computer-Based Assessment of Complex Problem Solving: Concept, Implementation, and Application." *Educational Technology Research and Development* 61(3): 407–21.

- Greiff, Samuel ;, and Andreas Fischer. 2013. "Measuring Complex Problem Solving: An Educational Application of Psychological Theories." *Journal for educational research online* 5(1): 38–58. <http://www.waxmann.com>.
- Hake, R. "R.(1999). Analyzing Change/Gain Scores. AREA-D American Education Research Association's Devison. D." *Measurement and Reasearch Methodology*.
- Herde, Christoph Nils, Sascha Wüstenberg, and Samuel Greiff. 2016. "Assessment of Complex Problem Solving: What We Know and What We Don't Know." *Applied Measurement in Education* 29(4): 265–77.
- Hidayat, Syarip, Seni Apriliya, and Ana Fauziyaturrosyidah. 2021. "Metode Gamification Sebagai Solusi Fenomena Learning Loss Dalam Pembelajaran Daring Selama Pandemi COVID-19: A Literatur Review." *Journal of Elementary Education* 04(05): 5.
- Hrastinski, Stefan. 2008. "Asynchronous and Synchronous E-Learning." *Educause quarterly* 31(4): 51–55.
- Hung, Hui-Chun, and Shelley Shwu-Ching Young. 2021. "Unbundling Teaching and Learning in a Flipped Thermal Physics Classroom in Higher Education Powered by Emerging Innovative Technology." *Australasian Journal of Educational Technology* 37(4): 89–99.
- Inayah, Nurul, Kasmadi Imam Supardi, and Sri Mursiti. 2020. "The Effectiveness of Multimedia-Based *Blended Learning* Method for Analysis of the Concept Understanding and Characters Development of Students in Hydrocarbon Compound Subject Matter." *Journal of Innovative Science Education* 9(3): 260–66.
- Jones, Kevin, and Ravi S. Sharma. 2020. "On Reimagining a Future for Online Learning in the Post-COVID Era." *SSRN Electronic Journal*.
- Kaffenberger, Michelle. 2021. "Modelling the Long-Run Learning Impact of the Covid-19 Learning Shock: Actions to (More than) Mitigate Loss." *International Journal of Educational Development* 81(October 2020): 102326.
- Kohl, Patrick B., and Noah Finkelstein. 2017. "Understanding and Promoting Effective Use of Representations in Physics Learning." : 231–54.
- Kristayulita, Kristayulita, and Lalu Sucipto. 2022. "Thinking Analogy in Solving Indirect Analogy Problems Based on Information Processing Theory." *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram* 10(1): 93.

- Kurniawan, Heru, and Budiyono. 2021. "Heroe's Model: Case Study to Reduce Students' Learning Loss and Anxiety." *Cypriot Journal of Educational Sciences* 16(3): 1122–40.
- Li, Alice, Michael Harries, and Lainie Friedman Ross. 2020. "Reopening K-12 Schools in the Era of Coronavirus Disease 2019: Review of State-Level Guidance Addressing Equity Concerns." *The Journal of pediatrics* 227: 38–44.
- Lo, Chui-Man, and Kwan-Yee Tang. 2018. "Blended Learning with Multimedia E-Learning in Organic Chemistry Course." In *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, IEEE, 23–25.
- Lucas, Lyrica L, and Elizabeth B Lewis. 2019. "High School Students' Use of Representations in Physics Problem Solving." *School Science and Mathematics* 119(6): 327–39.
- Maison, Maison, Dwi Agus Kurniawan, and Lika Anggraini. 2021. "Perception, Attitude, and Student Awareness in Working on Online Tasks during the Covid-19 Pandemic." *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia* 9(1): 108–18.
- Marbun, Marintan Evelyn *et al.* 2022. "Analisis Kesulitan Yang Dialami Guru Dalam Pembuatan RPP Di SDN 060843 Medan." *Jurnal Pendidikan Indonesia* 3(04): 358–66.
- Mayer, Richard E. 1997. "Multimedia Learning: Are We Asking the Right Questions?" *Educational Psychologist* 32(1): 1–19.
- Mayer, Richard E. 2002. "Multimedia Learning." In *Psychology of Learning and Motivation*, Elsevier, 85–139.
- Mayer, Richard E., and Roxana Moreno. 2002. "Aids to Computer-Based Multimedia Learning." *Learning and Instruction* 12(1): 107–19.
- McKenzie, Wendy A *et al.* 2013. "A Blended Learning Lecture Delivery Model for Large and Diverse Undergraduate Cohorts." *Computers & Education* 64: 116–26.
- Meltzer, David E. 2002. "The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible 'Hidden Variable' in Diagnostic Pretest Scores." *American journal of physics* 70(12): 1259–68.
- van Merriënboer, Jeroen J.G., and John Sweller. 2005. "Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions." *Educational Psychology Review* 17(2): 147–77.

- Molnár, Gyöngyvér, Samuel Greiff, Sascha Wustenberg, and Andreas Fischer. 2017. "Empirical Study of Computer Based Assessment of Complex Problem Solving Skills."
- Montgomery, Amanda P *et al.* 2019. "Using Learning Analytics to Explore Self-regulated Learning in Flipped *Blended Learning* Music Teacher Education." *British Journal of Educational Technology* 50(1): 114–27.
- Munfaridah, Nuril, Lucy Avraamidou, and Martin Goedhart. 2021. "The Use of Multiple Representations in Undergraduate Physics Education: What Do We Know and Where Do We Go from Here?" *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 17(1): em1934.
- Nkomo, M. 2000. "The National Qualifications Framework and Curriculum Development." *Pretoria: South African Qualification Authorities.*
- Nofitasari, Ira, and Yuliana Sihombing. 2017. "Deskripsi Kesulitan Belajar Peserta Didik Dan Faktor Penyebabnya Dalam Memahami Materi Listrik Dinamis Kelas X SMA Negeri 2 Bengkayang." *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* 7(1): 44–53.
- Novitra, Fuja. 2021. "Development of Online-Based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School." *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 17(9).
- OECD. 2017. "PISA 2015 Collaborative Problem - Solving Framework." : 131–89.
- Opfermann, Maria, Annett Schmeck, and Hans E. Fischer. 2017. *Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them?*
- Paas, Fred, Alexander Renkl, and John Sweller. 2003. "Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments." *Educational psychologist* 38(1): 1–4.
- Panjaitan, Binur. 2013. "Proses Kognitif Siswa Dalam Pemecahan Masalah Matematika." *Jurnal Ilmu Pendidikan* 19(1): 17–25.
- Prastowo, Andi. 2011. "Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif."
- Rajib, Muhammad, and Arlinda Puspita Sari. 2022. "Potensi Learning Loss Di SMA Negeri 4 Polewali Selama Pembelajaran Daring Pada Masa Pandemi Covid-19." *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya* 4(1): 40–48.

- Ratumanan, Tanwey Gerson, and Theresia Laurens. 2011. "Penilaian Hasil Belajar Pada Tingkat Satuan Pendidikan."
- Reimer, David, Emil Smith, Ida Gran Andersen, and Bent Sortkær. 2021. "What Happens When Schools Shut down? Investigating Inequality in Students' Reading Behavior during Covid-19 in Denmark." *Research in Social Stratification and Mobility* 71: 100568.
- Revita, Rena. 2019. "Uji Kepraktisan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbasis Penemuan Terbimbing Untuk SMP." *Juring (Journal for Research in Mathematics Learning)* 2(2): 148–54.
- Sabates, Ricardo, Emma Carter, and Jonathan M B Stern. 2021. "Using Educational Transitions to Estimate Learning Loss Due to COVID-19 School Closures: The Case of Complementary Basic Education in Ghana." *International Journal of Educational Development* 82: 102377.
- Schefer-Wenzl, Sigrid, and Igor Miladinovic. 2019. "Developing Complex Problem-Solving Skills: An Engineering Perspective." *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)* 12(3): 82.
- Selwyn, Neil, and Petar Jandrić. 2020. "Postdigital Living in the Age of Covid-19: Unsettling What We See as Possible." *Postdigital Science and Education* 2(3): 989–1005.
- Serway, Raymond A, and John W Jewett. 2018. *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage learning.
- Slavin, Robert E. 2017. *Educational Psychology : Theory and Practice*. twelfth edition. ed. Gail Gottfried. NY: Pearson.
- Stavredes, Tina. 2011. *Effective Online Teaching: Foundations and Strategies for Student Success*. John Wiley & Sons.
- Stepans, Joseph. 1988. "The Effect of Two Instructional Models in Bringing about a Conceptual Change in the Understanding of Science Concepts by Prospective Elementary Teachers." *Science Education* 72(2): 185–95.
- Suana, W. *et al.* 2019. "Supporting *Blended Learning* Using Mobile Instant Messaging Application: Its Effectiveness and Limitations." *International Journal of Instruction* 12(1): 1011–24.
- Sudjana, N. 2005. "Metoda Penelitian." *Bandung: Tarsito*.
- Sukardi, H M. 2008. "Evaluasi Pendidikan Prinsip Dan Operasionalnya." *Jakarta: Bumi Aksara*.

- Sukoriyanto, Sukoriyanto. 2017. "Utilization of Information Processing Theory to Identify Students' Thinking Interference of Global Type in Solving Permutation Problems." In *1st Annual International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICoMSE 2017)*, Atlantis Press, 106–9.
- Sweller, John. 1994. *4 Laming and Insbuction Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, And Instructional Design*.
- Tam, Maureen. 2000. "Constructivism, Instructional Design, and Technology: Implications for Transforming Distance Learning." *Journal of Educational Technology & Society* 3(2): 50–60.
- Tomasik, Martin J, Laura A Helbling, and Urs Moser. 2021. "Educational Gains of In-person vs. Distance Learning in Primary and Secondary Schools: A Natural Experiment during the COVID-19 Pandemic School Closures in Switzerland." *International Journal of Psychology* 56(4): 566–76.
- Vollmeyer, Regina, Bruce D Burns, and Keith J Holyoak. 1996. "The Impact of Goal Specificity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure." *Cognitive science* 20(1): 75–100.
- Vygotsky, Lev Semenovich, and Michael Cole. 1978. *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard university press.
- Wahyudi, Ismu. 2017. "Pengembangan Program Pembelajaran Fisika SMA Berbasis E-Learning Dengan Schoology." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6(2): 187–99.
- Wahyuni, Sri, and Jeffry Handhika. 2019. "Profil Kesulitan Belajar Pokok Bahasan Listrik Dinamis Siswa SMK." In *SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*,.
- Waldrip, Bruce, Vaughan Prain, and Jim Carolan. 2010. "Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science." *Research in science education* 40(1): 65–80.
- Weinhardt, Justin M, and Traci Sitzmann. 2019. "Revolutionizing Training and Education? Three Questions Regarding Massive Open Online Courses (MOOCs)." *Human Resource Management Review* 29(2): 218–25.
- Wu, Jen-Her, Robert D Tennyson, and Tzyh-Lih Hsia. 2010. "A Study of Student Satisfaction in a Blended E-Learning System Environment." *Computers & Education* 55(1): 155–64.

- Wyse, Adam E. 2020. "The Potential Impact of COVID-19 on Student Learning and How Schools Can Respond." *Educational Measurement: Issues and Practice* 39(3): 60–64.
- Yarrow, Noah, Eema Masood, and Rythia Afkar. 2020. "Estimates of COVID-19 Impacts on Learning and Earning in Indonesia." *Estimates of COVID-19 Impacts on Learning and Earning in Indonesia* (August).
- Young, Hugh D, Roger A Freedman, T R Sandin, and A Lewis Ford. 1996. 9 *University Physics*. Addison-Wesley Reading, MA.