

**PENGEMBANGAN *e-MODUL* INTERAKTIF BERBASIS REPRESENTASI
VERTIKAL PADA TOPIK KLASIFIKASI MATERI UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN REPRESENTASI
DAN KOMUNIKASI ILMIAH PESERTA DIDIK**

(TESIS)

Oleh

**FITRI MELINIASARI
2223025012**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e-MODUL* INTERAKTIF BERBASIS REPRESENTASI VERTIKAL PADA TOPIK KLASIFIKASI MATERI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN REPRESENTASI DAN KOMUNIKASI ILMIAH PESERTA DIDIK

Oleh

FITRI MELINIASARI

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar berupa *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik. Metode penelitian yang digunakan adalah R&D yang mengacu pada model pengembangan Borg *and* Gall. Populasi dalam penelitian ini seluruh peserta didik kelas VIII di SMPN 3 Natar tahun ajaran 2024/2025. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *purposive sampling* sehingga didapatkan kelas VIIIA sebagai kelas eksperimen dan VIIID sebagai kelas kontrol. Instrumen pengambilan data pada penelitian ini adalah angket analisis kebutuhan pendidik dan peserta didik, angket validasi ahli, angket tanggapan pendidik dan peserta didik, soal pretest-posttest, dan lembar keterlaksanaan pembelajaran. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah uji-t terhadap nilai *n-Gain* peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan dinyatakan: 1) sangat valid (84.92%) oleh validator ahli; 2) sangat praktis digunakan dalam pembelajaran baik oleh peserta didik (90.42%) maupun pendidik (93.37%); 3) efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi dengan rata-rata *n-Gain* berkategori “tinggi” (0.81) dan *effect size* dengan kriteria besar (3.67); dan 4) efektif dalam meningkatkan komunikasi ilmiah dengan rata-rata *n-Gain* berkategori “tinggi” (0.81) dan *effect size* dengan kriteria besar (3.18) dengan tingkat keterlaksanaan pembelajaran sangat tinggi (89.58%); 5) terdapat hubungan yang linier antara kemampuan representasi terhadap kemampuan komunikasi ilmiah dengan nilai korelasi sebesar 0.874. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan ini dapat digunakan dalam pembelajaran topik klasifikasi materi untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.

Kata kunci: *e-modul*, interaktif, kemampuan representasi, komunikasi ilmiah, representasi vertikal.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE e-MODULE AND INTEGRATED WITH VERTICAL REPRESENTATION ON MATERIAL CLASSIFICATION TO IMPROVE STUDENTS' REPRESENTATION ABILITY AND SCIENTIFIC COMMUNICATION

By

FITRI MELINIASARI

This study aims to produce an interactive e-modules based on vertical representation on the topic of material classification that are valid, practical, and effective to improving students' representation abilities and communication scientific. This research and development is carried out using a R&D which refers to the Borg and Gall development model. The population in this study were all students of class VIII at SMPN 3 Natar in the 2024/2025 academic year. The sampling technique in this study used purposive sampling so that class VIIIA was obtained as the experimental class and VIIID as the control class. The data collection instruments in this study were the educator and student needs analysis questionnaire, expert validation questionnaire, educator and student response questionnaire, pretest-posttest questions, and learning implementation sheets. The data analysis technique used in this study was the t-test on the student's n-Gain value. The results of the study showed that the resulting product was: 1) very valid (84.92%) by the expert validator; 2) very practical to use in learning by both students (90.42%) and educators (93.37%); 3) effective in improving representation skills with high n-Gain (0.81) and effect size with large criteria (3.67); and 4) effective in improving scientific communication with high n-Gain (0.81) and effect size with large criteria (3.18) with a very high level of learning implementation (89.58%); 5) there is a linear relationship between representation ability and scientific communication ability with a correlation value of 0.874. Based on the results of the study and data analysis, it shows that the product developed can be used in learning the topic of material classification to improve students' representation abilities and communication scientific skills.

Keywords: e-module, interactive, representation ability, scientific communication, vertical representation.

**PENGEMBANGAN *e-MODUL* INTERAKTIF BERBASIS REPRESENTASI
VERTIKAL PADA TOPIK KLASIFIKASI MATERI UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN REPRESENTASI
DAN KOMUNIKASI ILMIAH PESERTA DIDIK**

Oleh

FITRI MELINIASARI

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
MAGISTER PENDIDIKAN

Pada

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



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

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN *e-MODUL* INTERAKTIF BERBASIS REPRESENTASI VERTIKAL PADA TOPIK KLASIFIKASI MATERI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN REPRESENTASI DAN KOMUNIKASI ILMIAH PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa : **Fitri Meliniasari**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2223025012

Program Studi : Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

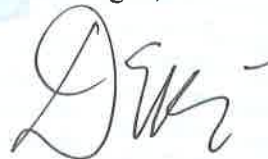
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,



Dr. M. Setyarini, M.Si.
NIP. 19670511 199103 2 001

Pembimbing II,



Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.
NIP. 19611027 198603 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Pendidikan MIPA



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

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan IPA

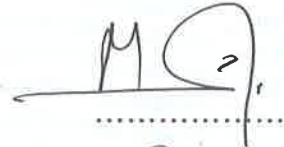


Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP. 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

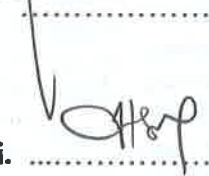
Ketua : Dr. M. Setyarini, M.Si.



Sekretaris : Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.



Penguji Bukan Pembimbing : 1. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



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



Pt. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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



3. Direktur Program Pascasarjana

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

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 20 Januari 2025

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fitri Meliniasari
Nomor Pokok Mahasiswa : 2223025012
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan IPA

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

Apabila kelak dikemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan Saya di atas, maka Saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025

Yang menyatakan,



Fitri Meliniasari

NPM. 2223025012

RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan anak ke-3 dari tiga bersaudara, Lahir di OKU Timur pada tanggal 01 Januari 2000 dari pasangan Ibu Ngatiyem dan Bapak Marsidi. Penulis selesai menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 12 Martapura pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN Martapura dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Martapura hingga lulus pada tahun 2018. Setelah selesai menempuh pendidikan SMA, pada tahun yang sama penulis diterima di Universitas Lampung sebagai mahasiswa S-1 Pendidikan Kimia dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2022.

Selama menjadi mahasiswa S-1 pada program studi Pendidikan Kimia, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum pada mata kuliah Dasar-Dasar Ilmu Kimia pada tahun 2019 dan Asisten Praktikum pada mata kuliah Kimia Larutan. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan Kampus Mengajar Kemendikbud Angkatan 1, serta Pertukaran Mahasiswa Merdeka Angkatan 1. Selama menempuh pendidikan S-1, penulis cukup aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Fosmaki (Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia) sebagai wakil bidang Pendidikan periode 2020 dan Dewan Pembina Fosmaki periode 2021. Penulis melanjutkan studi magister dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan IPA Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Beasiswa Bebas SPP Pascasarjana.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

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

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

Teristimewa Ayah dan almh. Ibu (Bapak Marsidi dan almh. Ibu Ngatiyem)

Tesis ini Saya persembahkan sepenuhnya kepada dua orang hebat dalam hidup Saya, Ayahanda dan almh. Ibunda. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga Saya bisa sampai pada tahap di mana tesis ini akhirnya selesai. Terimakasih karena telah membesarkan, membimbing, mendidik, menemani serta menyemangati dengan penuh kelembutan, do'a dan kasih sayang. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti Kalian berikan kepadaku.

Kakak tersayang (Sita dan Dika)

Saudaraku tersayang yang selalu menunjukkan kepeduliannya, selalu mendoakan, dan memberikan nasihat serta kasih sayangnya sehingga Saya bisa berani memiliki mimpi

Para Pendidik

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

Almamater tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Jadilah seperti pohon yang tumbuh dan berbuah lebat. Dilempar dengan batu tetapi membalasnya dengan buah”

(Abu Bakar As-Siddiq)

***“Semua jatuh bangunmu, hal yang biasa
Angan dan pertanyaan, waktu yang menjawabnya
Berikan tenggat waktu, bersedihlah secukupnya
Rayakan perasaanmu sebagai manusia.”***

(Mata air, Hindia)

***“Hidup bukan saling mendahului
Bermimpilah sendiri-sendiri”***

(Mungkin besok kita sampai, Hindia)

“Ilmu adalah kehidupan bagi pikiran”

~

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Representasi Vertikal Pada Topik Klasifikasi Materi Untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Dan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan IPA di FKIP Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

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

8. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, kritik, serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
9. Para Dosen Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dalam proses pembelajaran selama perkuliahan.
10. Para staf Jurusan Pendidikan IPA Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses perkuliahan.
11. Sahabat seperjuangan Loly dan Mba Hanna yang selalu memberikan semangat, dukungan & kerjasamanya; serta seseorang yang tidak bisa Saya sebutkan namanya, terima kasih karna selalu ada saat suka maupun duka.
12. Teman-teman Program Studi Magister Pendidikan IPA Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan.
13. Keluarga besar MA Al-Hikmah yang tiada hentinya selalu memberi dukungan dan motivasi;
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

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

Bandar Lampung, Januari 2025
Penulis

Fitri Meliniasari
NPM 2223025012

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian.....	8
E. Ruang Lingkup	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Teori Konstruktivisme	11
B. Teori Pemrosesan Informasi	13
C. Teori Pengkodean Ganda (<i>Dual Coding Theory = DCT</i>).....	14
D. <i>E-modul</i> Interaktif Sebagai Bahan Ajar.....	15
E. Representasi Vertikal	18
F. Kemampuan Representasi	20
G. Komunikasi Ilmiah	22
H. Hubungan Kemampuan Representasi dan Komunikasi Ilmiah.....	24
I. Analisis Buku Peserta didik IPA Kelas VII.....	24
J. Kerangka Pikir	30
K. Hipotesis Penelitian.....	33
III. METODOLOGI PENELITIAN	34
A. Desain Penelitian	34
B. Sumber Data	35
C. Langkah-langkah Penelitian	35
E. Instrumen Penelitian	43
F. Analisis Data.....	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	56
A. Hasil Penelitian Pengembangan	56
B. Pembahasan	98
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
A. Kesimpulan	149
B. Saran	150

DAFTAR PUSTAKA	151
LAMPIRAN.....	160
1. Angket Kebutuhan Pendidik.....	162
2. Angket Kebutuhan Peserta Didik	166
3. Hasil Angket Analisis Kebutuhan Pendidik	170
4. Hasil Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	173
5. Modul Ajar	177
6. Lkpd Pemisahan Campuran.....	195
7. <i>E-Modul</i> Hasil Klasifikasi Materi Hasil Pengembangan	211
8. Lembar Validasi Kesesuaian Isi	253
9. Lembar Validasi Ahli Konstruksi	257
10. Lembar Validasi Ahli Keterbacaan.....	260
11. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli	263
12. Angket Respon Pendidik	265
13. Angket Respon Peserta Didik.....	269
14. Rekapitulasi Respon Pendidik.....	272
15. Rekapitulasi Respon Peserta Didik	273
16. Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran	275
17. Hasil Keterlaksanaan Pembelajaran	277
18. Kisi-Kisi Soal Pretes-Postes	278
19. Soal Pretes-Postes	284
20. Rubrik Penilaian Pretes-Postes.....	288
21. <i>Output</i> Uji Validitas Dan Reliabilitas	294
22. Nilai Pretes-Postes Kemampuan Representasi Kelas Kontrol	298
23. <i>N-Gain</i> Kemampuan Representasi Kelas Kontrol	302
24. <i>N-Gain</i> Indikator Kemampuan Representasi Kelas Kontrol.....	303
25. Nilai Pretes-Postes Kemampuan Representasi Kelas Eksperimen	305
26. <i>N-Gain</i> Kemampuan Representasi Kelas Eksperimen.....	309
27. <i>N-Gain</i> Indikator Kemampuan Representasi Kelas Eksperimen	310
28. Nilai Pretes-Postes Komunikasi Ilmiah Kelas Kontrol	312
29. <i>N-Gain</i> Komunikasi Ilmiah Kelas Kontrol	314
30. <i>N-Gain</i> Indikator Komunikasi Ilmiah Kelas Kontrol.....	315
31. Pretes-Postes Komunikasi Ilmiah Kelas Eksperimen	317
32. <i>N-Gain</i> Komunikasi Ilmiah Kelas Eksperimen.....	319
33. <i>N-Gain</i> Indikator Komunikasi Ilmiah Kelas Eksperimen	320
34. <i>Output</i> Uji Normalitas Dan Homogenitas Kemampuan Representasi	322
35. <i>Output</i> Uji Normalitas Dan Homogenitas Komunikasi Ilmiah	324
36. <i>Output</i> Uji Perbedaan Dua Rata-Rata Kemampuan Representasi.....	326
37. <i>Output</i> Uji Perbedaan Dua Rata-Rata Komunikasi Ilmiah	327
38. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	328
39. Angket Respon Pendidik Terhadap <i>E-Modul</i> Hasil Pengembangan	329
40. Surat Izin Penelitian	331
41. Surat Balasan Penelitian	332
42. Dokumentasi.....	333
43. <i>Output</i> Hasil Uji Regresi Linear Sederhana	335

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Level Kemampuan Representasi.....	21
2. Indikator Komunikasi Ilmiah	23
3. <i>Storyboard E-Modul</i> Interaktif Berbasis Representasi Vertikal.....	36
4. Indikator Pada Instrument Tes	38
5. Desain Penelitian <i>Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design</i>	41
6. Panduan Wawancara	45
7. Instrumen Penelitian Dan Pengembangan E-Modul Interaktif.....	46
8. Penskoran Pada Angket Berdasarkan <i>Skala Likert</i>	47
9. Tafsiran Persentase Angket	48
10. Kriteria Validasi Analisis Persentase.....	49
11. Interpretasi <i>Koefisien Korelasi Product Moment</i>	49
12. Kategori <i>N-Gain</i>	51
13. Interpretasi <i>Effect Size</i>	55
14. Produk Awal <i>E-Modul</i> Interaktif Berbasis Representasi Vertikal	63
15. Hasil Validasi <i>E-Modul</i> Interaktif Hasil Pengembangan	73
16. Hasil Revisi Produk	74
17. Respon Peserta Didik Terhadap Kepraktisan <i>E-Modul</i> Interaktif.....	76
18. Respon Pendidik Terhadap Kepraktisan <i>E-Modul</i> Interaktif	76
19. Hasil Uji Validitas Butir Soal.....	77
20. Saran Perbaikan <i>E-Modul</i> Yang Dikembangkan.....	78
21. Indikator Kemampuan Representasi	79
22. Perbandingan Nilai <i>N-Gain</i> Pada Kedua Kelas	80
23. Rata-Rata Nilai <i>N-Gain</i> Pada Indikator Kemampuan Representasi Kelas Eksperimen	81

24. Hasil Uji Statistik <i>N-Gain</i> Kemampuan Representasi	85
25. Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah.....	89
26. Perbandingan Nilai <i>N-Gain</i> Pada Kedua Kelas	90
27. Rata-Rata Nilai <i>N-Gain</i> Pada Indikator Komunikasi Ilmiah Kelas Eksperimen	91
28. Hasil Uji Normalitas Dan Homogenitas	94
29. Data Keterlaksanaan Pembelajaran Menggunakan E-Modul Berbasis Representasi Vertikal	97
30. Level Kemampuan Representasi.....	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistem Pemrosesan Informasi	14
2. Model Teoritis Tiga Dimensi Atau Model Kubus Pembelajaran Sains.....	18
3. Contoh Penyajian Beberapa Representasi Dalam Buku IPA Peserta Didik Terbitan Kemendikbudristek Pada Topik Klasifikasi Materi	25
4. Bagan Pengelompokan Wujud Zat Dari Materi Unsur.	26
5. Contoh Penyajian Berbagai Representasi Dalam Buku IPA Peserta Didik Terbitan Kemendikbudristek Pada Topik Klasifikasi Materi.	27
6. Penyajian Berbagai Representasi Pada Sub-Topik Campuran.....	28
7. Contoh Penyajian Kegiatan Diskusi Dalam Buku IPA Peserta Didik Terbitan Kemendikbudristek Pada Topik Klasifikasi Materi.....	29
8. Kerangka Pikir	32
9. Langkah-Langkah Penelitian	34
10. Alur Penelitian	42
11. Jenis Bahan Ajar Yang Digunakan Pada Topik Klasifikasi Materi	59
12. Jenis Representasi Yang Ditampilkan Pada Bahan Ajar	60
13. Jenis Bahan Ajar Yang Digunakan Pada Topik Klasifikasi Materi.....	61
14. Perbandingan Rata-Rata Nilai Pretes-Postes Kemampuan Representasi	80
15. Analisis Kriteria <i>N-Gain</i> Kemampuan Representasi Peserta Didik.....	81
16. Persentase Kriteria <i>N-Gain</i> Peserta Didik Pada Indikator Memilih Representasi Dalam Menjelaskan Fenomena Ilmiah	82
17. Persentase Kriteria <i>N-Gain</i> Peserta Didik Pada Indikator Menggunakan Representasi Dalam Menarik Kesimpulan Dan Membuat Prediksi	83
18. Persentase Kriteria <i>N-Gain</i> Peserta Didik Pada Indikator Membuat Representasi Dalam Menjelaskan Fenomena Alam.....	83

19. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator Membuat Hubungan Antar Representasi Yang Berbeda.....	84
20. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator Menggunakan Kata-Kata Dalam Mengidentifikasi Suatu Representasi.	85
21. Level Kemampuan Representasi Awal Kelas Kontrol.....	86
22. Level Kemampuan Representasi Akhir Kelas Kontrol.....	87
23. Level Kemampuan Representasi Awal Di Kelas Eksperimen.....	88
24. Level Kemampuan Representasi Akhir Di Kelas Eksperimen.....	89
25. Perbandingan Rata-Rata Nilai Pretes-Postes Kemampuan Komunikasi Ilmiah.....	90
26. Analisis Kriteria N-Gain Komunikasi Ilmiah Peserta Didik.....	91
27. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator <i>Observing</i>	92
28. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator <i>Scientific Reading</i>	92
29. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator <i>Information Representation</i>	93
30. Persentase Kriteria N-Gain Peserta Didik Pada Indikator <i>Scientific Writing</i>	94
31. Contoh Perbaikan <i>Link</i> Video Pada <i>E-Modul</i>	97
32. <i>Link</i> Akses <i>E-Modul</i> Interaktif Berbasis Representasi Vertikal Hasil Pengembangan.....	98
33. Tampilan E-Modul Hasil Pengembangan Pada Materi Hubungan Campuran Dan Zat Tunggal Bagian 1.....	100
34. Tampilan E-Modul Hasil Pengembangan Pada Materi Hubungan Campuran Dan Zat Tunggal Bagian 2.....	101
35. Tampilan E-Modul Hasil Pengembangan Pada Materi Hubungan Campuran Dan Zat Tunggal Lanjutan.....	102
36. Tampilan E-Modul Hasil Pengembangan Pada Materi Hubungan Campuran Dan Zat Tunggal Lanjutan.....	102
37. Salah Satu Tampilan Pada <i>E-Modul</i>	104
38. Penggunaan Beberapa Representasi Vertikal.....	105

39. Contoh Aktivitas Yang Dapat Dilakukan Peserta Didik Pada Pemisahan Campuran	107
40. Tampilan Bagian “Pendahuluan” Pada E-Modul Hasil Pengembangan.	108
41. Beberapa Tampilan <i>Feedback</i> Yang Ada Pada E-Modul Interaktif	109
42. Contoh Kolom Diskusi Yang Terdapat Pada E-Modul Hasil Pengembangan	110
43. Contoh Jawaban Peserta Didik Untuk Tugas Diskusi 4.....	111
44. Contoh Perbaikan E-Modul Pada Saat Validasi.....	114
45. Tampilan Petunjuk Penggunaan Aplikasi.....	116
46. Butir Soal Pada Indikator 1 Kemampuan Representai	120
47. Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Untuk Soal Butir 1 Kemampuan Representasi	121
48. Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Untuk Soal Butir 1 Kemampuan Representasi	121
49. Contoh Latihan Soal Yang Ada Di Dalam E-Modul Hasil Pengembangan.....	123
50. Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Untuk Soal Butir 2 Kemampuan Representasi.....	124
51. Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Untuk Soal Butir 2 Kemampuan Representasi.....	124
52. Penjelasan Materi Di Dalam E-Modul Hasil Pengembangan	126
53. Butir Soal Untuk Indikator 3 Kemampuan Representasi.....	127
54. Jawaban Peserta Didik Pada Kelas Kontrol Untuk Butir Soal 3 Kemampuan Representasi	127
55. Jawaban Peserta Didik Pada Kelas Eksperimen Untuk Butir Soal 3 Kemampuan Representasi	128
56. Salah Satu Contoh Kolom Diskusi Pada <i>E-Modul</i> Hasil Pengembangan...	129
57. Contoh Jawaban Peserta Didik Pada Kolom “Diskusi 8”	130
58. Butir Soal Indikator 4 Kemampuan Representasi.....	131
59. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Untuk Butir Soal 4 Kemampuan Representasi	131

60. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Untuk Butir Soal 4 Kemampuan Representasi	132
61. Butir Soal Untuk Indikator 5 Kemampuan Representasi.....	134
62. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Untuk Indikator 5	134
63. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Untuk Indikator 5 Kemampuan Representasi	135
64. Butir Soal Indikator 1 (Komunikasi Ilmiah).....	137
65. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 1.	138
66. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 1.	138
67. Butir Soal Indikator 2 (Komunikasi Ilmiah).....	140
68. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 2	140
69. Contoh Jawaban Peserta Didik Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 2.	141
70. Salah Satu Kolom Diskusi Yang Ada Pada E-Modul Hasil Pengembangan	142
71. Butir Soal Indikator 3 (Komunikasi Ilmiah).....	143
72. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Kontrol Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 3.	143
73. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 3.	143
74. Butir Soal Indikator 4 (Komunikasi Ilmiah).....	146
75. Contoh Jawaban Peserta Didik Kelas Eksperimen Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 4.	146
76. Contoh Jawaban Peserta Didik Pada Soal Kemampuan Komunikasi Ilmiah Indikator 4.	147

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada abad 21, berbagai aspek kehidupan mengalami perkembangan yang pesat, salah satunya pada bidang pendidikan. Ciri paling menonjol dari abad ini adalah globalisasi dan kemajuan teknologi (Mutmainah *et al.*, 2022). Kondisi ini menuntut adanya keterampilan-keterampilan yang harus dimiliki oleh sumber daya manusia agar mampu beradaptasi dengan globalisasi. Hal ini sebagaimana dinyatakan oleh *National Education Association* (2012) jika peserta didik ingin bersaing di era global maka mereka harus memiliki keterampilan khusus yang disebut dengan *21st Century Skills* sebagai bekal menyongsong perkembangan sains dan teknologi, serta untuk memenuhi kebutuhan masa depan. Keterampilan tersebut mencakup berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kreativitas dan inovasi (*creativity and innovation*), kolaborasi (*collaboration*), dan kemampuan berkomunikasi (*communication skills*) (Voogt & Roblin, 2010). Keempat kompetensi tersebut seyogyanya mampu diwujudkan dalam proses pembelajaran sebagai bekal bagi peserta didik dalam menghadapi berbagai tantangan abad 21.

Kecakapan yang harus dimiliki oleh peserta didik pada abad 21 ini salah satunya adalah keterampilan komunikasi. Keterampilan komunikasi merupakan kemampuan peserta didik dalam menyampaikan pendapat, ide, pengetahuan, dan informasi yang baru didapat secara verbal maupun nonverbal dalam proses pembelajaran (Rizki *et al.*, 2021), dengan adanya keterampilan berkomunikasi baik melalui lisan maupun tulisan peserta didik dapat mempresentasikan apa yang telah dipelajari di kelas (Levy *et al.*, 2008).

Salah satu kecakapan dalam berkomunikasi adalah kemampuan komunikasi ilmiah. Komunikasi ilmiah merupakan proses penyampaian informasi, ide, emosi, dan keterampilan mengartikan simbol sehingga terjadi proses interaksi sosial yang berkaitan dengan kegiatan-kegiatan penelitian atau penyelidikan, khususnya di lingkungan akademik (Mayani *et al.*, 2023). Adanya komunikasi ilmiah yang baik antara guru dengan peserta didik, peserta didik dengan guru maupun peserta didik dengan peserta didik akan dapat mengoptimalkan pembelajaran di kelas (Pramesti *et al.*, 2020; Rizki *et al.*, 2021).

Pentingnya kemampuan komunikasi ilmiah terlihat pada capaian pembelajaran yang ada di Kurikulum Merdeka. Salah satu capaian pembelajaran pada keterampilan proses sains pada pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) di SMP (Sekolah Menengah Pertama) adalah peserta didik dituntut untuk dapat menyajikan data dalam bentuk tabel, grafik, atau model dalam menjelaskan hasil pengamatan, pola atau hubungan pada suatu data secara digital maupun non digital. Keterampilan dalam menyajikan data dengan menggunakan model tertentu merupakan salah satu kemampuan komunikasi ilmiah menurut Levy (2008) dimana peserta didik dikatakan dapat mengkomunikasikan suatu fenomena ilmiah jika peserta didik dapat membuat tabel, menggambar dan menjelaskan gambar tersebut berdasarkan fenomena (*Information representation*).

Fakta di lapangan, kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik masih tergolong rendah. Hal ini terlihat dari hasil wawancara pada salah satu kelas IX di SMPN 3 Natar, dari 32 peserta didik hanya 46% peserta didik yang bisa membaca tabel dan grafik, serta hanya 31.25% peserta didik dapat mengubah informasi verbal ke dalam bentuk tabel dan grafik. Data tersebut menunjukkan bahwa peserta didik selama proses pembelajaran belum dilatihkan kemampuan komunikasi ilmiah. Hal ini didukung dengan data hasil studi pendahuluan yang diisi oleh 100 responden peserta didik kelas IX di Bandar Lampung, 80% diantaranya hanya diminta untuk menuliskan hasil pengamatan dalam bentuk verbal saja, 30% peserta didik diminta untuk menuliskan hasil pengamatan ke dalam bentuk tabel atau grafik, 6% diminta untuk membuat makalah atau laporan, dan 2% diminta untuk membuat dalam bentuk infografis. Salah satu faktor yang menyebabkan

rendahnya kemampuan komunikasi ilmiah tersebut dikarenakan penggunaan bahan ajar yang tidak dilengkapi dengan kegiatan percobaan sehingga peserta didik tidak terlatih dalam mengubah informasi verbal seperti hasil pengamatan ke dalam bentuk tabel atau diagram. Hal ini didukung dengan data hasil pendahuluan dimana dari 20 responden guru IPA, hanya 40% bahan ajar yang digunakan pada materi klasifikasi materi yang sudah dilengkapi dengan percobaan sederhana.

Kemampuan komunikasi ilmiah sangat erat kaitannya dengan kemampuan representasi. Kemampuan representasi merupakan kemampuan peserta didik dalam menggambarkan konsep, teori, dan temuan sains melalui berbagai bentuk, gambar dan simbol (Nurjanah *et al.*, 2022; Sari & Seprianto, 2018). Untuk dapat mengkomunikasikan suatu fenomena, peserta didik harus dapat merepresentasikan fenomena tersebut ke dalam suatu bentuk representasi tertentu berupa tabel, grafik maupun gambar (Ariani & Rahma, 2020). Hal ini karena representasi adalah suatu bentuk komunikasi yang menggambarkan sesuatu dengan cara yang lebih mudah dan dapat dipahami oleh orang lain (Ariyanti, 2016). Jika seseorang dapat merepresentasikan fenomena tersebut, maka ia dapat memudahkan komunikasi terhadap orang lain, yang akan membuat komunikasi lebih efektif dan efisien (Lestari, 2021). Secara tidak langsung, hal ini mengindikasikan bahwa proses pembelajaran yang menekankan pada kemampuan representasi akan melatih peserta didik dalam komunikasi ilmiah (Ariani & Rahma, 2020; Ariyanti, 2016).

Melatihkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah dapat dilakukan kepada peserta didik melalui pembelajaran di sekolah, salah satunya pada pembelajaran IPA. Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan pengetahuan sistematis dan berlaku secara universal yang membahas mengenai gejala alam yang dihasilkan berdasarkan hasil observasi, eksperimen, penyimpulan dan penyusunan teori (Harefa & Murnihati, 2020). Konsep-konsep yang dipelajari dalam IPA tidak hanya bersifat konkrit tetapi ada juga yang bersifat abstrak, terutama pada materi tingkat molekuler yang tidak bisa dilihat secara makroskopis oleh peserta didik. Materi-materi tersebut sangat sulit untuk diajarkan kepada peserta didik secara langsung sehingga membuat peserta didik kesulitan dalam menguasai materi tersebut (Hasanah & Anfa, 2021; Rahmawati *et al.*, 2021).

Dalam pembelajaran IPA pada Kurikulum Merdeka, di akhir fase D peserta didik diharapkan mampu melakukan klasifikasi makhluk hidup dan benda berdasarkan karakteristik yang diamati, mengidentifikasi sifat dan karakteristik zat, membedakan perubahan fisik dan kimia serta memisahkan campuran sederhana. Untuk dapat mencapai akhir fase D tersebut, peserta didik harus dapat memahami konsep klasifikasi materi, dimana materi itu sendiri terdiri dari zat tunggal dan campuran, sedangkan zat tunggal dibagi menjadi unsur dan senyawa. Konsep klasifikasi materi merupakan salah satu konsep sains kimia yang di dalamnya akan banyak dijumpai keabstrakan materi berupa atom dan molekul yang tidak dapat diamati secara langsung. Keabstrakan materi ini oleh para ahli pembelajaran kimia dapat disampaikan dalam tiga tingkat representasi yang saling berkaitan (J. Gilbert & Treagust, 2009), yaitu tingkat: makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik. Ketiganya adalah ciri khas representasi yang berlaku dalam pembelajaran kimia yang tergabung dalam representasi ganda (*multiple representations*).

Menurut Van Der Meij (2006) multirepresentasi merupakan penggunaan dua atau lebih representasi untuk menggambarkan suatu sistem atau proses nyata. Tampilan berbagai representasi dalam suatu konsep diprediksi akan dapat lebih membantu peserta didik dalam memahami konsep yang dipelajari (Baptista *et al.*, 2019; Corradi *et al.*, 2013). Menurut Tsui and Treagust (2013) multirepresentasi terdiri dari representasi vertikal dan representasi horizontal. Representasi vertikal terdiri dari tiga tingkatan yang membentuk suatu hirarki yang saling berkaitan, di antaranya tingkat makroskopik, tingkat simbolik dan tingkat submikroskopik. Representasi makroskopik merupakan representasi yang diperoleh melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat secara langsung oleh pancaindra atau dapat berupa pengalaman yang dialami siswa sehari-hari. Contohnya sifat fisik dari besi yang keras dan memiliki titik didih tinggi (Johnstone, 1993). Representasi submikroskopik merupakan representasi yang memberikan penjelasan pada tingkat partikel dimana materi digambarkan sebagai suatu atom, molekul dan ion (Chandrasegaran *et al.*, 2007; Cheng & Gilbert, 2009). Adapun representasi simbolik merupakan representasi yang melibatkan penggunaan simbol, rumus dan persamaan kimia (Chandrasegaran *et al.*, 2009; Cheng & Gilbert, 2009; Treagust *et al.*, 2003)

Penting bagi siswa untuk memiliki kemampuan representasi (Farida & Sopandi, 2011; R. F. Herawati *et al.*, 2013; Kozma & Russell, 2005; Stieff, 2011). Hal ini dikarenakan kemampuan siswa untuk memahami materi IPA yang bersifat abstrak sangat bergantung pada kemampuan siswa dalam menguasai berbagai level representasi dan kemampuan siswa dalam mentransfer serta menghubungkan berbagai level representasi (Chandrasegaran *et al.*, 2007; Cheng & Gilbert, 2009; Chittleborough & Treagust, 2007). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat mempelajari materi IPA yang bersifat abstrak, tampilan makroskopik yang diikuti oleh tampilan partikel pada level submikroskopik akan menghasilkan pemahaman yang lebih baik (Madden *et al.*, 2011; Williamson *et al.*, 2012).

Perlu adanya sumber belajar berbasis representasi vertikal yang menampilkan representasi makroskopik berupa gambar dari unsur, senyawa dan campuran disertai dengan rumus kimianya serta sumber belajar yang mampu memvisualisasikan atom atau molekul penyusun dari suatu materi (Farida, 2009; Meirina *et al.*, 2012). Salah satu sumber belajar yang dapat digunakan untuk memfasilitasi proses pembelajaran pada topik klasifikasi materi ialah dengan menghadirkan bahan ajar yang inovatif salah satunya yaitu *e-Modul*. *E-modul* merupakan modul pembelajaran yang disajikan dalam bentuk digital atau elektronik. *E-modul* biasanya berisi materi pembelajaran yang disusun secara sistematis dan terstruktur, serta dilengkapi dengan berbagai media seperti gambar, animasi, video, dan audio untuk memudahkan peserta didik dalam memahami materi pembelajaran (Inanna *et al.*, 2021). *E-modul* menjadi salah satu inovasi dalam proses pembelajaran dikarenakan bentuknya yang digital sehingga memudahkan siswa untuk dibawa kemana saja dan tidak mudah rusak maupun kotor (Willison & Pijlman, 2016).

E-modul berbasis representasi vertikal akan menyajikan salah satu contoh materi berupa campuran beserta dengan gambar makroskopiknya, rumus kimia dari penyusun materi tersebut beserta dengan gambar representasi sub-mikroskopis dari penyusun materinya. Penggunaan multirepresentasi pada media pembelajaran akan membuat peserta didik lebih memahami bahwa campuran terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dipisahkan dengan berbagai cara. Penggunaan represen-

tasi simbolik berupa persamaan reaksi kimia juga dapat membuat peserta didik lebih mudah dalam mengidentifikasi bahwa suatu senyawa terdiri dari unsur-unsur penyusunnya, dengan demikian penggunaan media berbasis representasi vertikal ini akan membuat peserta didik lebih mudah dalam membedakan dan menjelaskan hubungan antara unsur, senyawa dan campuran. Hal ini akan memudahkan peserta didik dalam mengklasifikasikan suatu materi kedalam kelompok unsur, senyawa dan campuran, sehingga peserta didik akan lebih mudah dalam mengkomunikasikan hasil pembelajaran yang telah mereka dapat di kelas dengan menggunakan berbagai representasi yang mereka pahami untuk menjelaskan berbagai fenomena yang ada di alam. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Made (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan *e-Modul* berbasis representasi vertikal dapat meningkatkan kemampuan representasi peserta didik dan kemampuan HOTS pada topik partikel materi dan sifat bahan.

Proses pembelajaran di kelas sangat menentukan keberhasilan belajar peserta didik. Dalam hal ini peran guru sebagai mediator pembelajaran sangatlah penting dalam mencapai tujuan pembelajaran (Ristiyani & Bahriah, 2016). Untuk mempermudah dan menjaga keefektifan proses pembelajaran perlu adanya inovasi pada bahan ajar yang digunakan, salah satunya dengan menggunakan bahan ajar yang interaktif. Penggunaan bahan ajar yang interaktif akan memaksimalkan waktu pembelajaran di kelas, hal ini dikarenakan peserta didik tidak harus menunggu lama untuk mendapatkan umpan balik dari guru atas kinerja yang telah dilakukan di kelas (Susila *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan bahan ajar pada topik klasifikasi materi dengan menggunakan kuesioner yang diberikan kepada 20 responden guru IPA di sepuluh SMP di Provinsi Lampung, diperoleh data bahwa 100% guru belum menggunakan bahan ajar yang berbasis elektronik. Berdasarkan bahan ajar yang digunakan, 100% guru belum menggunakan *e-modul*, sebagian besar guru menggunakan bahan ajar dari Kemendikbud sebanyak 85% dan 75% menggunakan bahan ajar dari lembaga penerbit. Komponen yang terdapat pada bahan ajar yang digunakan 55% terdiri gambar benda makroskopis, 35% simbol-simbol rumus kimia yang melambangkan unsur, senyawa campuran dan 15% terdiri dari gambar

representasi dari sub-mikroskopis seperti gambar atom dan molekul. Selain itu, seluruh responden guru menyatakan bahan ajar yang digunakan belum dilengkapi dengan soal-soal evaluasi mandiri dan umpan balik interaktif. Seluruh responden guru juga menyatakan bahwasannya belum pernah membuat atau memodifikasi *e-modul* interaktif pada topik klasifikasi materi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari 100 responden peserta didik kelas IX di sepuluh SMP di provinsi Lampung, diperoleh data bahwa 80% peserta didik belum menggunakan bahan ajar berbasis elektronik pada pelajaran IPA, berdasarkan bahan ajar yang digunakan 100% peserta didik belum menggunakan modul pelajaran, 50% peserta didik menggunakan bahan ajar dari Kemendikbud, 30% menggunakan bahan ajar dari lembaga penerbit dan 20% menggunakan bahan ajar dari internet dan 5% menggunakan bahan ajar dari guru. Dari 100 responden, 96% peserta didik merasa kesusahan dalam memahami materi yang berkaitan dengan kimia seperti konsep unsur, senyawa dan campuran. Hal ini didukung dengan hasil wawancara yang dilakukan di SMP Negeri 3 Natar bahwasannya dalam satu kelas, 74% peserta didik mengalami kesusahan dalam membedakan dan menjelaskan hubungan antara unsur, senyawa dan campuran, 85% peserta didik belum bisa menggolongkan berbagai materi kedalam kelompok unsur, senyawa dan campuran, selain itu seluruh peserta didik dalam satu kelas belum bisa menghasilkan dan memilih suatu representasi yang tepat untuk menggambarkan konsep unsur, senyawa dan campuran. Berdasarkan hasil studi pendahuluan, menunjukkan bahwa 100% guru dan peserta didik merasa perlu adanya pengembangan *e-modul* interaktif pada topik klasifikasi materi untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah.

Berdasarkan uraian tersebut maka penulis melakukan pengembangan *e-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik dari e-modul klasifikasi hasil pengembangan?
2. Bagaimana validitas *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan?
3. Bagaimana kepraktisan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan?
4. Bagaimana keefektifan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan dalam meningkatkan kemampuan representasi peserta didik?
5. Bagaimana keefektifan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan dalam meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik?
6. Bagaimana hubungan kemampuan representasi terhadap komunikasi ilmiah peserta didik?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Karakteristik dari *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan.
2. Validitas dari *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan.
3. Kepraktisan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan.
4. Keefektifan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan dalam meningkatkan kemampuan representasi peserta didik.
5. Keefektifan *e-modul* klasifikasi materi hasil pengembangan dalam meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik.
6. Hubungan antara kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.

D. Manfaat Penelitian

Pengembangan *e-modul* klasifikasi materi diharapkan dapat bermanfaat bagi :

1. Peserta didik
Penggunaan *e-modul* hasil pengembangan diharapkan dapat memberikan pengalaman kepada peserta didik dalam menggunakan modul elektronik dan memudahkan peserta didik dalam memahami topik klasifikasi materi.
2. Guru
E-modul hasil pengembangan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif bahan ajar dalam membelajarkan topik klasifikasi materi
3. Sekolah
E-modul hasil pengembangan dapat dijadikan salah satu sumber belajar untuk meningkatkan mutu pembelajaran IPA di SMP.
4. Peneliti lain
Diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengembangkan *e-modul* pada materi lainnya.

E. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada desain penelitian dan pengembangan menurut Gall *et al.*, (2003) yang terdiri atas sepuluh tahapan.
2. Representasi vertikal yang digunakan dalam *e-modul* interaktif topik klasifikasi materi yakni level makro, submikro, dan simbolik yang membentuk suatu hirarki vertikal yang saling berkaitan merujuk pada Teori Kubus Tsui and Treagust (2013).
3. *E-modul* interaktif yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah *e-modul* yang dapat memberikan respon atau *feedback* terhadap hasil kerja peserta didik (Septiani *et al.*, 2020).
4. Indikator kemampuan representasi yang digunakan pada penelitian ini diantaranya: (1) menghasilkan atau memilih representasi dalam menjelaskan fenomena ilmiah, (2) menggunakan kata-kata dalam mengidentifikasi suatu representasi, (3) membuat hubungan antar representasi yang

berbeda, (4) menggunakan representasi dalam menarik kesimpulan dan membuat prediksi tentang fenomena kimia yang diamati (Kozma & Russell, 2005). Peningkatan kemampuan representasi diukur menggunakan soal pretes dan postes dalam bentuk soal uraian.

5. Indikator kemampuan komunikasi ilmiah pada penelitian ini adalah: (1) *Observing* (menyampaikan pertanyaan atau pernyataan setelah mengamati fenomena), (2) *information representation* (membuat tabel, menggambar, dan menjelaskan gambar beserta maksudnya), (3) *scientific reading* (keterampilan membaca bacaan ilmiah untuk memperoleh informasi) (Levy *et al.*, 2008). Peningkatan kemampuan komunikasi ilmiah diukur menggunakan soal pretes dan postes dalam bentuk soal uraian.
6. Efektivitas *e-modul* hasil pengembangan untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik ditinjau dari rata-rata *n-Gain* kelas eksperimen dengan kriteria minimal sedang menurut (Hake, 1998) dan *effect size* dengan kriteria minimal medium menurut Cohen (1998).
7. Materi yang disajikan pada *e-modul* hasil pengembangan diantaranya tentang unsur, senyawa, campuran dan pemisahan campuran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Konstruktivisme

Konsep pembelajaran konstruktivisme menitikberatkan pada proses bagaimana peserta didik membentuk konsep-konsep dengan menggunakan kemampuan berpikir logis mereka, serta menyusun keterkaitan antara komponen-komponen yang dapat diukur dan diketahui secara relatif dalam pemahaman yang lebih mendalam terhadap pengetahuan yang sebenarnya (Habsy *et al.*, 2023). Teori konstruktivisme menekankan bahwa belajar tidak hanya sekedar menerima informasi dari sumber luar tetapi juga bagaimana siswa berpartisipasi aktif dalam penciptaan pengetahuannya dan pemahamannya sendiri (Budiyanti *et al.*, 2023). Teori ini beranggapan bahwa pengetahuan harus dibangun berdasarkan dari pengalaman siswa sendiri dan tidak bisa dipindahkan dari pendidik kepada siswa secara langsung (Harefa *et al.*, 2024). Materi yang disajikan pun dapat dihubungkan dengan pengalaman dan pemahaman siswa sebelumnya, sehingga memungkinkan siswa membangun hubungan yang kuat dan memperoleh pemahaman yang lebih dalam (Salsabila & Muqowim, 2024)

Teori konstruktivisme menurut Lev Vygotsky menyatakan bahwa pengetahuan dikonstruksi secara kolaboratif antar individual dan keadaan tersebut dapat disesuaikan oleh setiap individu (Budiyanti *et al.*, 2023; Salsabila & Muqowim, 2024). Vygotsky juga meyakini bahwa pembelajaran terjadi saat siswa bekerja menangani tugas-tugas yang belum dipelajari namun tugas-tugas tersebut masih dalam jangkauan kemampuannya atau tugas-tugas itu berada dalam *Zone Of Proximal Development (ZPD)* mereka (Shaffer, 1996).

Ada dua konsep penting dalam teori Vygotsky (Shaffer, 1996), yaitu *Zone of Proximal Development (ZPD)* dan *scaffolding*:

1. *Zone of Proximal Development (ZPD)* merupakan rentang antara tingkat perkembangan sesungguhnya (kemampuan pemecahan masalah tanpa melibatkan bantuan orang lain) dan tingkat perkembangan potensial (kemampuan pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa atau melalui kerja sama dengan teman sejawat yang lebih mampu).
2. *Scaffolding* merupakan pemberian sejumlah bantuan kepada peserta didik selama tahap-tahap awal pembelajaran, kemudian mengurangi bantuan dan memberikan kesempatan untuk mengambil alih tanggung jawab yang semakin besar setelah pelajar dapat melakukannya sendiri. *Scaffolding* merupakan bantuan yang diberikan kepada pelajar untuk belajar dan memecahkan masalah (Tohari & Rahman, 2024).

Vygotsky menyebutkan bahwa belajar konstruktivisme ini adalah pengetahuan yang memiliki tingkatan atau jenjang yang disebut dengan *Scaffolding*. *Scaffolding* memiliki arti memberikan bantuan terhadap seorang individu selama melewati tahap awal pembelajaran yang pada akhirnya bantuan tersebut akan dikurangi. Kemudian nantinya anak tersebut akan diberikan kesempatan untuk mengemban tanggung jawab yang lebih besar sesudah anak tersebut memiliki kemampuan sendiri. Adapun bantuan yang diberikan ketika pembelajaran berlangsung bisa berupa pemberian contoh, arahan, peringatan, sehingga siswa tersebut dapat menyelesaikan suatu permasalahan secara mandiri (Salsabila & Muqowim, 2024).

Saye dan Brush (2002) membedakan *scaffolding* menjadi *hard scaffolding* dan *soft scaffolding*. *Hard scaffolding* mengacu pada bantuan statis yang dapat diantisipasi dan direncanakan terlebih dahulu berdasarkan jenis kesulitan siswa dengan tugas atau masalah. Sedangkan *soft scaffolding* mengacu pada pemberian bantuan dinamis dan spontan berdasarkan tanggapan peserta didik. Sehingga dalam penelitian ini peneliti merancang *hard scaffolding* yang dituangkan melalui *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi. *Soft*

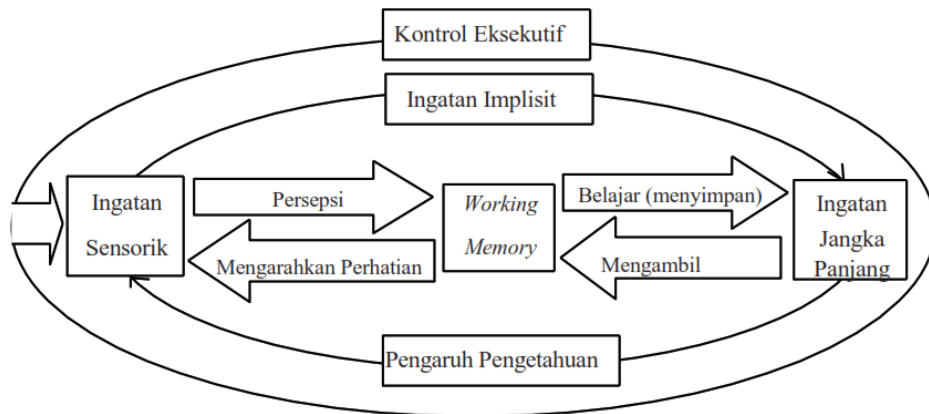
scaffolding yang diberikan secara spontan pada saat berlangsungnya kegiatan pembelajaran.

B. Teori Pemrosesan Informasi

Teori pemrosesan (*information processing theory*) mencangkup aspek lingkungan, yaitu sebagai hal yang memiliki peran yang sangat penting dalam tahap pembelajaran. Teori ini didefinisikan oleh Byrnes yaitu belajar sebagai bentuk mendapatkan serta penyimpanan informasi dengan memori jangka pendek dan memori jangka panjang dalam hal ini belajar terjadi secara internal dalam diri peserta didik (Suryana *et al.*, 2022). Dalam model pemrosesan informasi yang dikembangkan oleh Atkinson & Shiffrin (Solso *et al.*, 2014), kognisi manusia dikonsepsikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari tiga bagian, yaitu masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*).

Informasi dari dunia sekitar merupakan masukan bagi sistem kognisi. Stimulasi dari dunia sekitar ini memasuki reseptor memori dalam bentuk penglihatan, suara, rasa, dan sebagainya. Selanjutnya, input diproses dalam otak. Dalam hal ini, otak mengolah dan mentransformasikan informasi dalam berbagai cara. Proses ini meliputi pengkodean ke dalam bentuk-bentuk simbolik, membandingkan dengan informasi yang telah diketahui sebelumnya, menyimpan dalam memori, dan mengambilnya bila diperlukan. Akhir dari proses ini adalah perilaku manusia, seperti berbicara, menulis, interaksi sosial, dan sebagainya (Sunyono, 2015).

Menurut Woolfolk (2008), informasi dari dunia sekitar di-*encode* dalam ingatan sensorik dengan persepsi dan atensi dalam menentukan apa yang akan disimpan dalam *working memory* (memori kerja) untuk digunakan lebih jauh. Dalam *working memory*, informasi baru dihubungkan dengan pengetahuan dari ingatan jangka panjang. Informasi yang diproses secara seksama dan dihubungkan dengan pengetahuan yang sudah ada itu menjadi bagian ingatan jangka panjang, dan dapat diaktifkan untuk kembali ke *working memory*. Dengan demikian, ingatan implisit ini dibentuk tanpa upaya sadar. Sistem pemrosesan informasi ini digambarkan oleh Woolfolk sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pemrosesan Informasi (Woolfolk, 2008)

Secara sederhana, sistem pemrosesan informasi dapat dijelaskan sebagai berikut: pertamamata, manusia menangkap informasi dari lingkungan melalui organ-organ sensorisnya (yaitu mata, telinga, hidung, dan sebagainya). Beberapa informasi disaring (diabaikan) pada tingkat sensoris, kemudian sisanya dimasukkan ke dalam ingatan jangka pendek (kesadaran). Ingatan jangka pendek mempunyai kapasitas pemeliharaan informasi yang terbatas sehingga kandungannya harus diproses sedemikian rupa (misalnya dengan pengulangan atau pelatihan), jika tidak akan lenyap dengan cepat (Sunyono, 2015; Suryana *et al.*, 2022).

Bila diproses, informasi dari ingatan jangka pendek (*short-term memory*) dapat ditransfer ke dalam ingatan jangka panjang (*long-term memory*). Ingatan jangka panjang (*Long-Term Memory*) merupakan hal penting dalam proses belajar. Informasi yang disimpan dalam memori jangka panjang dianggap relatif permanen, meskipun kadang-kadang sulit untuk diakses (lupa) akibat adanya interferensi dari informasi yang baru (Solso *et al.*, 2014).

C. Teori Pengkodean Ganda (*Dual Coding Theory = DCT*)

Menurut Paivio (2006), manusia memiliki sistem memori kerja yang terpisah untuk informasi verbal dan informasi visual. Ada dua buah saluran pemrosesan informasi yang independen, yaitu pemrosesan informasi visual (atau memori kerja visual) dan pemrosesan informasi verbal (atau memori kerja verbal). Kedua memori kerja tersebut memiliki kapasitas yang terbatas untuk memproses informasi

yang masuk. Informasi yang telah didapat bisa diberi kode, disimpan, dan diperoleh kembali dari dua sistem yang berbeda, satu menyesuaikan dengan informasi verbal, yang lain menyesuaikan dengan informasi visual (Pajriah & Budiman, 2017). Menurut Mayer (2009) dari segi ruang dan waktu, ada dua tipe penyampaian informasi verbal dan visual tersebut. Pertama, informasi verbal dan visual tersebut disampaikan secara bersamaan (*integrated*) baik dari segi ruang maupun waktu. Kedua, informasi verbal dan visual tersebut disampaikan secara terpisah (*sparated*) baik dari segi ruang maupun waktu.

Menurut teori ini, sistem kognitif manusia terdiri dua sub sistem yaitu sistem verbal dan sistem visual. Kata dan kalimat biasanya hanya diproses dalam sistem verbal (kecuali untuk materi yang bersifat konkrit), sedangkan gambar diproses melalui sistem gambar maupun sistem verbal. Jadi dengan adanya gambar dalam teks dapat meningkatkan memori oleh karena adanya *dual coding* dalam memori (Mariana *et al.*, 2011; Pajriah & Budiman, 2017). Menurut hasil penelitian, pemerolehan pengetahuan melalui teks yang menggunakan gambar disertai animasi membuat hasil belajar peserta menjadi lebih baik, hal ini dikarenakan dengan memanfaatkan sistem visual manusia untuk memproses informasi secara paralel dengan informasi verbal, kita bisa mengurangi efek pembebanan yang dapat terjadi dalam memori kerja (*working memory*) (Zhang *et al.*, 2008).

D. E-modul Interaktif Sebagai Bahan Ajar

Salah satu komponen penting dalam mencapai Capaian Pembelajaran adalah adalah bahan ajar. Menurut (Depdiknas, 2008) Bahan ajar adalah seperangkat materi yang disusun secara sistematis sehingga tercipta lingkungan atau suasana yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Menurut Prastowo (2011) bahan ajar adalah segala bahan (baik informasi, alat, maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menyajikan kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dalam proses pembelajaran. Salah satu bahan ajar inovatif yang memanfaatkan perkembangan teknologi yakni *e-modul*

E-modul secara etimologis terdiri dari dua kata, yakni singkatan “e” atau “*electronic*” dan “*module*”. Modul adalah satuan kegiatan belajar terencana yang didesain guna membantu peserta didik menyelesaikan tujuan-tujuan tertentu dengan cara pengorganisasian materi pelajaran yang disesuaikan dengan pribadi individu itu sendiri sehingga dapat memaksimalkan kemampuan intelektualnya (Sidiq & Najuah, 2020). Modul dirancang secara khusus dan jelas berdasarkan kecepatan pemahaman masing-masing peserta didik, sehingga mendorong peserta didik untuk belajar sesuai dengan kemampuannya. Seiring dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (IPTEK) saat ini mulai terjadi transisi dari media cetak menjadi media digital. Modul pembelajaran juga mengalami transformasi dalam hal penyajiannya ke bentuk elektronik, yang dikenal sebagai modul elektronik (*e-module*) (Linda *et al.*, 2021).

E-modul merupakan sumber belajar mandiri bagi peserta didik yang disusun secara sistematis, interaktif, dan dinamis ke dalam unit pembelajaran tertentu, yang disajikan dalam format elektronik, dimana setiap kegiatan pembelajaran didalamnya dihubungkan dengan tautan (link) sebagai navigasi yang membuat peserta didik menjadi lebih interaktif dengan program, dilengkapi dengan penyajian video pembelajaran, animasi dan kuis atau soal yang interaktif untuk memperkaya pengalaman belajar (Herawati & Muhtadi, 2018; Sari *et al.*, 2018). *E-modul* merupakan materi pembelajaran interaktif, dimana peserta didik tidak hanya membaca teks saja tetapi juga melihat animasi yang menjadikan proses pembelajaran terlihat seperti proses pembelajaran yang sebenarnya sehingga memudahkan pemahaman peserta didik (Serevina *et al.*, 2018)

E-modul interaktif merupakan bahan pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi/subkompetensi mata pelajaran yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya. *E-modul* interaktif dapat didefinisikan sebagai sebuah multimedia yang berupa kombinasi dua atau lebih media (audio, teks, grafik, gambar, animasi dan video) dan terjadi interaksi (hubungan timbal balik/komunikasi dua arah atau lebih) antara media dan penggunanya (Sidiq & Najuah, 2020)

Media pembelajaran interaktif meliputi media yang memiliki navigasi dan interaktivitas. Multimedia interaktif berisi tautan yang memungkinkan interaksi antara pengguna dan media. Ini mencakup navigasi yang memudahkan pengguna untuk mengoperasikan atau mengarahkan arah pembelajarannya sendiri seperti aktif memperhatikan gambar, memperhatikan tulisan yang bervariasi warna atau bergerak, suara, animasi bahkan video. Selain itu media pembelajaran yang interaktif memungkinkan peserta didik mendapatkan umpan balik secara langsung atas kinerja yang telah dilakukan (Septiani *et al.*, 2020). Kondisi interaktif akan meningkatkan nilai komunikasi yang sangat tinggi, artinya informasi tidak hanya dapat dilihat sebagai cetakan, melainkan juga dapat didengar, serta membentuk simulasi dan animasi yang dapat membangkitkan semangat dan memiliki nilai grafis yang tinggi dalam penyajiannya (Serevina *et al.*, 2018). Oleh karena itu, integrasi *e-modul* interaktif dengan proses pembelajaran dapat mendorong peserta didik untuk aktif belajar. Selain itu, tampilan *e-modul* interaktif berbasis multimedia ini akan membuat peserta didik lebih leluasa memilih, mensintesa, dan mengelaborasi pengetahuan yang ingin dipelajari dan dikuasainya (Sari dkk., 2018)

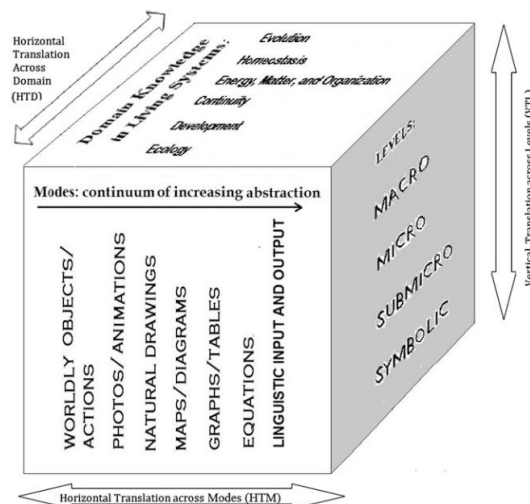
Kelebihan dari *e-Modul* Interaktif sebagai bahan ajar antara lain:

1. Lebih Menarik: E-Modul dapat dilengkapi dengan fasilitas multimedia seperti gambar, animasi, audio, dan video, sehingga lebih menarik bagi peserta didik
2. Interaktif: Peserta didik dapat melakukan evaluasi diri terhadap suatu kompetensi sekaligus, serta dapat dilengkapi dengan fasilitas tes atau evaluasi interaktif
3. Akses *Multiplatform*: E-Modul dapat diakses pada berbagai perangkat (device) seperti komputer desktop, laptop, dan perangkat mobile
4. Pengurangan Penggunaan Kertas: E-Modul bersifat *paperless*, sehingga dapat mengurangi penggunaan kertas
5. Fleksibilitas Akses: E-Modul dapat diakses kapan saja dan di mana saja sesuai kebutuhan pengguna (Fikri & Sofianto, 2022; Wulandari *et al.*, 2021)

Dengan kelebihan-kelebihan tersebut, penggunaan *e-Modul* Interaktif diharapkan dapat meningkatkan minat dan kualitas pembelajaran melalui pendekatan inovatif dan interaktif.

E. Representasi Vertikal

Representasi dapat mendukung pembelajaran sains. Melalui penggunaan representasi fenomena-fenomena submikroskopis yang sulit untuk dihadirkan dalam dunia nyata dapat diatasi (J. Gilbert & Treagust, 2009; Tsui & Treagust, 2013). Tsui and Treagust (2013) menyatakan representasi dalam pembelajaran sains dapat divisualisasikan melalui model teoritis tiga dimensi atau model kubus yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model teoritis tiga dimensi atau model kubus pembelajaran sains.
Sumber: Tsui and Treagust (2013)

Berdasarkan Gambar 2. teori model kubus menggambarkan kubus yang pada ketiga sisinya digambarkan tiga komponen penerjemahan representasi yaitu : representasi horizontal atau *Horizontal Translation across Modes* (HTM), representasi vertikal atau *Vertical Translation across Levels* (VTL), dan representasi horizontal lintas domain atau *Horizontal Translation across Domain* (HDT).

Pada sisi pertama merupakan domain pengetahuan dalam biologi, domain pengetahuan ada enam yaitu: (1) evolusi, (2) homeostatis, (3) energi materi dan organisasi kehidupan, (4) kesinambungan: reproduksi dan genetika, (5) perkembangan, dan (6) ekologi. Pada sisi kedua adalah moda representasi horizontal yaitu: (1) objek nyata/ tindakan/ gesture, (2) foto/animasi, (3) gambar, (4) grafik/ tabel, (5) persamaan, (6) verbal/ teks. Pada sisi ketiga yakni tingkatan representasi vertikal yaitu: (1) makroskopis, (2) mikroskopis, (3) submikroskopis, dan (4) simbolis (Lengkana, 2018).

Representasi horizontal (HTM) merupakan representasi dari objek konkret dalam dunia nyata yang dapat divisualisasikan ke objek yang mendasarinya, diwakili oleh grafik, persamaan, atau verbal yang lebih abstrak. Representasi transversal (HTD) merupakan representasi lintas domain mata pelajaran. Representasi transversal (HTD) pada pembelajaran sains dapat diterapkan pada materi energi dalam kehidupan, pada proses fotosintesis yang saling berhubungan dan respirasi sel tanaman untuk memberi energi pada tanaman (Tsui and Treagust, 2013).

Representasi vertikal (VTL) merupakan bentuk representasi yang terorganisir secara hirarki dari level simbolik, submikro, mikro, dan makro. Representasi vertikal dalam pembelajaran sains dapat diterapkan pada pembelajaran sains salah satunya yakni pada topik sistem organisasi makhluk hidup (Tsui & Treagust, 2013) dan klasifikasi materi.

Level pertama adalah level makroskopik ialah representasi yang dapat dilihat secaranya nyata oleh panca indra dalam kehidupan sehari-hari seperti bentuk arang, besi, garam dan air. Level kedua adalah level sub-mikroskopik ialah representasi yang bersifat abstrak, tak dapat dilihat secara kasat mata. Sub-mikroskopik menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekul) seperti partikel-partikel garam akan larut pada air. Level terakhir adalah level simbolik ialah representasi yang berupa persamaan reaksi, lambang kimia dan rumus-rumus perhitungan. Contoh level simbolik berupa gambaran dari level-level lainnya seperti garam dapur (NaCl) dan air (H_2O) (Amalia dkk., 2020).

F. Kemampuan Representasi

Representasi sendiri memiliki pengertian dasar yaitu “Re” yang berarti kembali, sedangkan “presentasi” merupakan mengkomunikasikan, menyuguhkan, dan menyajikan sesuatu. Jadi secara sederhananya representasi adalah penyajian kembali sesuatu yang diproyeksikan dalam format atau konteks yang berbeda (Arif & Muthoharoh, 2021). Sementara menurut Kohl & Finkelstein (2005) mengungkapkan representasi merupakan sesuatu yang mewakili, menggambarkan atau menyimpulkan objek, konsep atau proses. Representasi merupakan kemampuan menyajikan kembali notasi, simbol, tabel, gambar, grafik, diagram, persamaan atau ekspresi matematis lainnya ke dalam bentuk lain (Hwang *et al.*, 2007)

Dalam pengembangan kemampuan representasi peserta didik, perlu diperhatikan indikator untuk tercapainya peningkatan representasi peserta didik. Menurut Hwang *et al.*, (2007), berikut beberapa indikator dari representasi yaitu:

1. *Pictorial Representation*, peserta didik mampu menyatakan ide matematika ke dalam bentuk grafik, gambar ataupun diagram.
2. *Symbolic Representation*, peserta didik mampu menyimbolkan dan menyelesaikan suatu permasalahan.
3. *Verbal Representation of the World Problem*, peserta didik mampu menyatakan atau menafsirkan permasalahan dengan bahasa sendiri secara tertulis.

Kozma dan Russel (2005) menyatakan secara eksplisit kompetensi representasi sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan praktik yang merefleksikan penggunaan keanekaragaman representasi. Lebih lanjut disampaikan bahwa ketrampilan untuk menguasai kompetensi representasi mencakup tujuh aspek ketrampilan representasi, meliputi:

1. Menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena kimia berdasarkan entitas dan proses molekular;
2. memilih suatu representasi dan memberikan eksplanasi mengapa representasi itu sesuai untuk tujuan tertentu;

3. menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur-fitur representasi tertentu (seperti: perilaku molekul dalam suatu animasi);
4. mendeskripsikan dan mengeksplanasi bagaimana representasi yang berbeda menyatakan sesuatu yang sama;
5. menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi lain dan mengeksplanasi hubungannya;
6. mengambil posisi epistemologi representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi; dan
7. menggunakan representasi dan fitur-fiturnya dalam situasi sosial untuk membuat inferensi dan prediksi tentang fenomena kimia yang diobservasi.

Struktur konseptual dan kemampuan-kemampuan tersebut diorganisasikan menjadi lima level kompetensi representasional. Kelima level tersebut menurut Kozma & Russell (2005) yaitu :

Tabel 1. Level kemampuan representasi.

Level	Keterangan
1	<i>Representation as depiction</i> Hanya merepresentasikan suatu fenomena berdasarkan fiturnya, yaitu representasi berupa gambaran isomorfik dan ikonik dari fenomena
2	<i>Early Symbolic skills</i> Merepresentasikan fenomena berdasarkan fitur dan juga mencakup beberapa elemen simbolik yang mengakomodasi keterbatasan media
3	<i>Syntactic use of formal representation</i> Merepresentasikan fenomena berdasarkan fitur yang diamati dan entitas atau proses yang mendasari yang tidak teramati meskipun tidak akurat secara ilmiah
4	<i>Semantic use of formal representation</i> Merepresentasikan fenomena dengan benar menggunakan simbol formal untuk mewakili entitas dan proses yang mendasari dan tidak dapat teramati. Mampu menggunakan sistem representasi formal berdasarkan aturan sintaksis dan makna relatif terhadap fenomena fisik yang diwakilinya, mampu membuat konteks di dua representasi yang berbeda atau mengubah representasi, mampu memberikan makna dasar yang sama untuk beberapa representasi yang berbeda secara dangkal, dan mengubah representasi yang diberikan setara dalam bentuk lain. Mampu secara spontan menggunakan representasi untuk menjelaskan fenomena, memecahkan masalah, atau membuat prediksi

Tabel 1. Lanjutan

5	<p><i>Reflective, rethorical use of representation</i></p> <p>Merepresentasikan fenomena dengan menggunakan satu atau lebih representasi untuk menjelaskan hubungan antara sifat fisik dan entitas serta proses yang mendasarinya. Mampu menggunakan fitur spesifik dari representasi untuk menjamin klaim. Mampu memilih atau menyusun representasi yang paling tepat untuk situasi tertentu dan menjelaskan alasan representasi lebih tepat digunakan dari yang lain.</p>
----------	---

Representasi dapat diterapkan dalam pembelajaran dengan menggunakan strategi pembelajaran multi representasi. Multi representasi merupakan model yang mempresentasi beberapa konsep yang sama dalam beberapa format (Angell *et al.*, 2008). Dalam kimia, format representasi memiliki tiga tingkatan yang saling berkaitan yaitu tingkat makroskopik, simbolik dan sub-mikroskopik (J. Gilbert & Treagust, 2009) dengan pembelajaran yang berbasis multirepresentasi, peserta didik akan lebih terbiasa dengan berbagai model representasi sehingga kemampuan representasi akan lebih meningkat.

G. Komunikasi Ilmiah

Keterampilan komunikasi adalah salah satu keterampilan abad ke-21 yang harus dikuasai oleh setiap orang (Redhana *et al.*, 2019). Menurut Lunenburg (2010) seseorang dikatakan memiliki keterampilan komunikasi yang baik apabila ia mampu menyampaikan pemikiran dan pendapatnya kepada orang lain. Keterampilan komunikasi yang baik akan membuat orang lain bisa lebih cepat dan akurat dalam memahami dan mengerti informasi yang mereka terima.

Komunikasi dalam proses pembelajaran adalah salah satu komunikasi dalam dunia pendidikan. Menurut Pal *et al.*, (2019) komunikasi pembelajaran merupakan proses bertukarnya informasi berupa materi pelajaran ataupun pengetahuan antara guru dengan peserta didik. Guru akan bertindak sebagai pengirim pesan dan peserta didik bertindak sebagai penerima pesan terkait materi pelajaran. Peserta didik yang awalnya tidak mengerti menjadi mengerti karena adanya komunikasi dalam pembelajaran. Sebagaimana diungkapkan oleh Sharifirad *et al.*, (2012) bahwa komunikasi sangat penting dalam pembelajaran karena

berperan dalam menyampaikan pengetahuan dan wawasan serta pertukaran ide-ide atau pendapat.

Komunikasi di dalam pembelajaran tidak hanya sekedar guru menyampaikan materi pelajaran saja, namun untuk mengembangkan keterampilan peserta didik terutama dalam penyelesaian masalah bersama-sama dan menumbuhkan semangat dan hubungan baik antar peserta didik. Komunikasi terjadi apabila orang-orang yang berada dan terlibat di dalamnya saling memahami mengenai hal yang mereka komunikasikan sehingga hubungan tersebut dapat dikatakan bersifat komunikatif (Nurlaelah *et al.*, 2020)

Kata “ilmiah” dalam keterampilan komunikasi umumnya digunakan dalam suatu keadaan yang bersifat keilmuan. Hal tersebut relevan dengan pernyataan dari (Saputro & Susilayati, 2021) bahwa komunikasi ilmiah adalah komunikasi yang umumnya berkaitan dengan kegiatan-kegiatan penelitian atau penyelidikan, khususnya lingkungan akademik.

Keterampilan komunikasi ilmiah memiliki beberapa indikator dan sub indikator - yang dijelaskan dalam Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Indikator komunikasi ilmiah (Levy *et al.*, 2008).

No	Indikator	Deskripsi
1.	<i>Information retrieval</i>	Keterampilan mengakses sumber informasi yang valid
2.	<i>Scientific reading</i>	Keterampilan membaca bacaan ilmiah untuk memperoleh informasi
3.	<i>Scientific writing</i>	a. Membuat laporan, artikel, abstrak, karangan ilmiah b. Keterampilan akurasi tulisan
4.	<i>Listening and Observing</i>	a. Menyampaikan pertanyaan/ Pernyataan setelah mengamati b. Fokus dalam menerima informasi
5.	<i>Information representation</i>	Membuat tabel, menggambar, dan menjelaskan gambar beserta maksudnya
6.	<i>Knowledge presentation</i>	a. Keterampilan dalam menyampaikan materi b. Penggunaan Bahasa 1) Bahasa mudah dipahami 2) Bahasa terstruktur 3) Intonasi yang tepat 4) Artikulasi yang jelas 5) Tidak mengandung banyak maksud Sikap dan Bahasa tubuh

H. Hubungan Kemampuan Representasi dan Komunikasi Ilmiah

Kemampuan komunikasi ilmiah sangat diperlukan bagi peserta didik karena berguna dalam proses penyampaian informasi ilmiah secara efektif. Kemampuan komunikasi ilmiah ini melibatkan kemampuan berbicara, menulis, membaca, dan mendengarkan dalam konteks ilmiah. Komunikasi ilmiah tidak hanya mencakup kemampuan untuk menyampaikan ide atau fakta secara jelas, tetapi juga mencakup kemampuan dalam membaca dan menuliskan informasi, menjelaskan hubungan antar-konsep, dan menyesuaikan bentuk komunikasi sesuai dengan audiens (Levy et al., 2008).

Hubungan antara kemampuan representasi dan kemampuan komunikasi terletak pada peran keduanya dalam mendukung pemahaman konsep dan penyampaian informasi atau ide (Lestari, 2021). Kemampuan representasi merujuk pada kemampuan siswa untuk menggambarkan suatu konsep melalui berbagai bentuk, seperti simbol, grafik, tabel, diagram, atau bentuk visual lainnya (Ilahi et al., 2022; Tindani, 2021). Dengan adanya suatu representasi membantu siswa memahami konsep abstrak dengan cara mengubahnya menjadi bentuk yang lebih konkret dan mudah dipahami (Rahmi et al., 2021).

Kemampuan representasi mendukung kemampuan komunikasi karena representasi yang jelas mempermudah siswa untuk menjelaskan ide atau informasi kepada orang lain. Sebaliknya, komunikasi ilmiah memberikan umpan balik terhadap representasi yang dibuat, membantu siswa memperbaiki atau memperdalam pemahaman mereka (Lestari, 2021).

I. Analisis Buku Peserta didik IPA Kelas VII

Buku yang dianalisis pada penelitian ini adalah buku peserta didik kelas VIII Kurikulum Merdeka yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi tahun 2021. Buku IPA yang digunakan oleh peserta didik tersedia dalam bentuk digital yang dapat diunduh pada link [SIBI - Sistem Informasi Perbukuan Indonesia \(kemdikbud.go.id\)](https://sibi.kemdikbud.go.id). Analisis buku didasarkan

pada aspek representasi yang disajikan khususnya penggunaan representasi vertikal yakni level makro, submikro, dan simbolik yang saling berkaitan secara hirarki; aspek kemampuan representasi menurut Kozma dan Russel (2005) dan aspek komunikasi ilmiah menurut Levy, *et al.*, (2008).

Pada buku terbitan Kemendikbudristek, sudah menyajikan ketiga level pada representasi vertikal, tetapi ketiga level tersebut disajikan secara terpisah dan tidak menyatu. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Tabel 5.1 Nama dan Simbol Unsur

Nama Unsur dalam Bahasa Indonesia	Nama Unsur dalam Bahasa Universal (Bahasa Latin)	Simbol Unsur
Karbon	Carbon	C
Kalsium	Calcium	Ca
Klorin	Chlorine	Cl
Oksigen	Oxygen	O
Hidrogen	Hydrogen	H
Emas	Aurum	Au
Mercuri/Raksa	Hydrargyrum	Hg

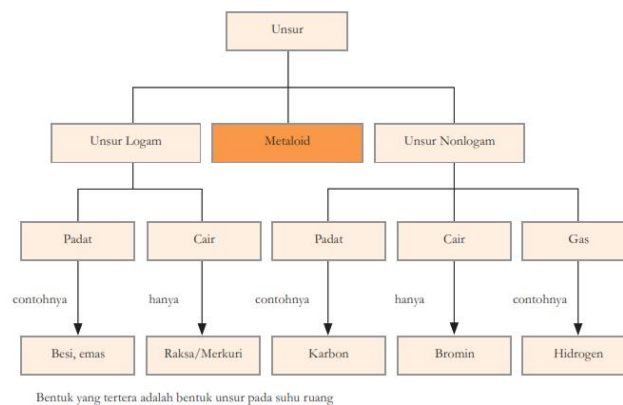
(a)

(b)

Gambar 3. Contoh penyajian beberapa representasi dalam buku IPA peserta didik terbitan Kemendikbudristek pada topik klasifikasi materi; (a) contoh penyajian representasi vertikal pada level makroskopik (b) contoh penyajian representasi vertikal pada level simbolik

Berdasarkan Gambar 2 (a) representasi pada level makroskopik berupa gambar untuk melihat bentuk dari berbagai logam diantaranya emas, besi, perak, tembaga dan timah. Selain itu disajikan juga bentuk representasi level simbolik yang ditunjukkan pada Gambar 2 (b) berupa simbol unsur emas yaitu Au. Tidak semua logam yang ditampilkan ada pada Tabel Nama dan simbol unsur. Pada buku tersebut level representasi yang disajikan pada sub topik unsur hanya level makroskopik dan level simbolik saja, tidak disajikan representasi level sub-mikroskopik.

Pada buku ini terdapat bagan pengelompokan jenis materi unsur berdasarkan sifat fisika dan kimianya yaitu golongan logam, non logam dan metaloid beserta jenis-jenis wujud zatnya.



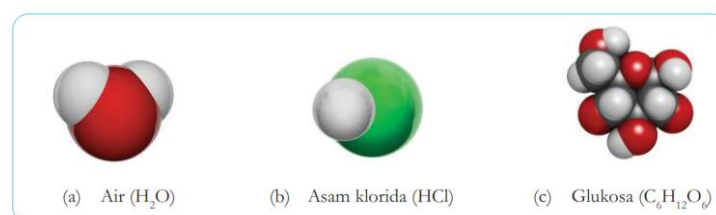
Berdasarkan sifat fisika dan kimia suatu unsur, ada 3 kelompok besar yang utama, yaitu logam, nonlogam, dan metaloid. Metaloid adalah unsur-

Gambar 5.4 Pengelompokan unsur, logam dan non logam

Gambar 4. Bagan pengelompokan wujud zat dari materi unsur.

Berdasarkan Gambar 4, peserta didik sudah diajarkan untuk mengelompokkan berbagai jenis materi unsur kedalam unsur logam, non logam dan metaloid seperti karbon berwujud padat termasuk salah satu contoh unsur non logam, gas hidrogen merupakan salah satu contoh unsur non logam yang berwujud gas. Lalu pada unsur logam salah satunya adalah besi yang berwujud padat dan raksa yang berwujud cair.

Berbeda pada bagian sub topik senyawa, pada buku ini telah disajikan ketiga level representasi yaitu pada level makroskopik, simbolik dan sub-mikroskopik, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.17 Model beberapa molekul senyawa.
Sumber: shutterstock.com/Orange Deer studio; shutterstock.com/Orange Deer studio; shutterstock.com/StudioMolekul

Jika kalian perhatikan Gambar 5.16 dan Gambar 5.17, terlihat bahwa struktur molekul senyawa lebih kompleks dibandingkan struktur molekul unsur. Ikatan kimia yang terjalin di antara atom-atomnya beragam.

(a)



Gambar 5.18 Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi kehidupan manusia.

Sumber: pixabay.com/ronymichaud

Air terbentuk dari 2 atom Hidrogen dan 1 atom Oksigen yang berikatan secara kimia dalam perbandingan yang selalu tetap. Pada suhu kamar, Hidrogen berwujud gas yang sangat mudah terbakar. Sementara itu, Oksigen juga berwujud gas pada suhu kamar dan sangat mudah bereaksi dengan unsur yang lain. Oleh karena sifatnya yang mudah bereaksi ini, Oksigen disebut juga sebagai zat pembakar. Kedua gas yang reaktif ini, setelah berikatan secara kimia, menjadi suatu zat berwujud cair pada suhu ruang. Bentuk molekul air dapat kalian lihat dalam Gambar 5.15.

(b)

(c)

Gambar 5. Contoh penyajian berbagai representasi dalam buku IPA peserta didik terbitan Kemendikbudristek pada topik klasifikasi materi : (a) level sub-mikroskopik (b) makroskopik, (c) penjelasan dari rumus senyawa air.

Pada Gambar 5 (b) terdapat representasi level makroskopik yaitu gambar dari air dan gula, selain itu juga pada Gambar 4 (c) terdapat representasi level simbolik yang ditunjukkan pada rumus molekul air yaitu H_2O , asam klorida (HCl), dan glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Pada Gambar 4 (a) terdapat representasi level sub-mikroskopik ditunjukkan oleh bentuk molekul air yang terdiri dari satu atom oksigen (O) dan dua atom hydrogen (H). Pada molekul asam klorida terdiri dari satu atom Hidrogen (H) dan satu atom klorida (Cl). Pada molekul gula terdiri dari enam atom karbon (C), dua belas atom hidrogen (H) dan enam atom oksigen (O).

Salah satu ciri dari suatu senyawa adalah dapat dipisahkan menjadi unsur-unsurnya penyusunnya melalui elektrolisis. Pada buku ini tidak disajikan fakta tentang ciri dari senyawa tersebut. Selain itu pemilihan contoh materi yang disajikan tidak beruntut dari konsep yang besar dahulu yaitu campuran yang nantinya campuran tersebut dapat dipisahkan menjadi senyawa-senyawanya, lalu senyawa tersebut dapat dipisahkan menjadi unsur-unsurnya yang merupakan konsep terkecil dari klasifikasi materi.

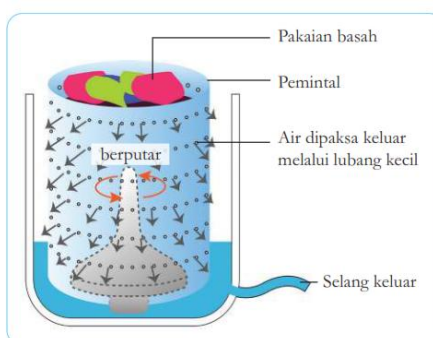
Pada sup topik campuran, di buku ini hanya disajikan gambar makroskopik dan penjelasannya saja tetapi terdapat sub-topik tentang pemisahan campuran yang akan digunakan peserta didik untuk memisahkan campuran menjadi zat tunggal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.23 Air soda merupakan larutan.

Sumber: shutterstock.com/Eddy Tor Channarong

(a)



Gambar 5.28 Tabung dalam mesin cuci menggunakan prinsip sentrifugasi.

(b)

Gambar 6. Penyajian berbagai representasi pada sub-topik campuran, (a) level makroskopik; (b) salah satu metode pemisahan campuran.

Berdasarkan Gambar 5. Pada sub-topik campuran tidak disajikan level simbolik dan level sub-mikroskopik yang dapat membantu peserta didik dalam membedakan campuran dan zat tunggal. Namun berdasarkan Gambar 5 (b) disajikan berbagai metode pemisahan campuran yang dapat digunakan untuk peserta didik dalam memahami hubungan campuran dan zat tunggal .

Pada bagian sub-topik unsur disajikan suatu aktivitas yang dapat melatih kemampuan representasi peserta didik dalam memahami hubungan unsur dan atom. Kemampuan representasi yang dilatih diantaranya kemampuan dalam membuat suatu representasi yang dapat menjelaskan hubungan unsur dan atom.

Ayo Cari **Aktivitas 5.4**

Analogi Atom dan Unsur

Ambillah selembar kertas berukuran A4. Kalian akan membagi-bagi kertas tersebut dengan ukuran potongan yang sama besar dan sama bentuk. Kalian boleh menggunakan metode apapun, syaratnya hanya dua:

1. Semua potongan berukuran dan berbentuk sama.
2. Seluruh kertas terpotong dan potongan yang kalian hasilkan adalah potongan terkecil yang dapat kalian buat.

Gunakan pengukur panjang untuk mengetahui berapa ukuran terkecil yang dapat dibuat dari kertas tersebut.

Bandingkan hasilnya dengan hasil percobaan temanmu.

Setelah itu, jawablah pertanyaan berikut.

1. Apa metode membagi yang kalian pilih?
2. Jelaskan dengan singkat langkah-langkah yang kalian lakukan.
3. Berapa ukuran terkecil yang dapat kalian buat?
4. Dari semua teman sekelas, berapa ukuran terkecil yang dihasilkan?
5. Adakah teman yang memotong dengan cara yang sama denganmu? Apakah hasilnya sama?
6. Berapa orang teman yang dapat menghasilkan potongan terkecil?

Dari aktivitas ini, apa dugaan kalian mengenai hubungan unsur dan atom?

Gambarkan ilustrasi yang menjelaskan tentang dugaan kalian itu.

Gambar 7. Contoh penyajian kegiatan diskusi dalam buku IPA peserta didik terbitan Kemendikbudristek pada topik klasifikasi materi.

Berdasarkan Gambar 7. buku ini telah disajikan berbagai contoh atau pertanyaan yang bersifat menganalisis salah satunya adalah pada Aktivitas 5.4 dimana aktivitas ini menuntut peserta didik untuk dapat merepresentasikan ilustrasi dari hubungan unsur dan atom dengan cara merobek kertas A4, dimana kertas A4 yang dipotong-potong mewakili sebuah unsur. Secara kasat mata, unsur dapat diamati. Unsur sebetulnya mengandung partikel yang bentuk dan ukurannya sama. Partikel ini adalah bagian yang paling kecil dalam suatu unsur. Inilah yang disebut sebagai atom.

Secara keseluruhan buku terbitan kemendikbud sudah terdapat menyajikan ketiga level representasi kimia yaitu level makroskopik, simbolik dan level sub-

mikroskopik tetapi secara terpisah. Selain itu pada buku ini sudah terdapat aktivitas yang dapat membantu peserta didik dalam melatih kemampuan representasi tetapi hanya sebatas dalam memahami hubungan unsur dan atom saja, belum ada aktivitas yang melatih peserta didik dalam melatih kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah dalam memahami perbedaan dan hubungan unsur, senyawa dan campuran. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan tentang bahan ajar yang berbasis representasi vertikal. Harapannya dengan adanya bahan ajar hasil pengembangan ini selain dapat melatih kemampuan komunikasi ilmiah dapat juga melatih kemampuan representasi peserta didik.

J. Kerangka Pikir

Bahan ajar yang digunakan oleh peserta didik didominasi oleh buku IPA peserta didik kelas VIII Kurikulum Merdeka yang diterbitkan oleh Kemendikbud tahun 2021, beberapa dilengkapi dengan bahan ajar dari lembaga penerbit, bahan ajar dari internet, dan bahan ajar buatan guru, tidak ada yang menggunakan *e-modul*. Penyajian uraian materi pada topik klasifikasi materi pada buku IPA peserta didik yang diterbitkan oleh Kemendikbud tahun 2021 sudah dilengkapi dengan representasi kimia pada level makro, submikro, dan simbolik. Akan tetapi representasi yang disajikan tidak menyatu dan membentuk hirarki, ketiga representasi disajikan secara terpisah. Konten yang disajikan dalam dalam buku IPA peserta didik yang diterbitkan oleh Kemendikbud tahun 2021 berupa visualisasi statis dan belum interaktif karena buku ini tersedia dalam bentuk cetak.

Konsep pada topik klasifikasi materi unsur, senyawa dan campuran bersifat abstrak, sehingga peserta didik kurang tertarik untuk mempelajarinya. Jika penyampaian materi oleh guru kurang tepat maka akan menimbulkan persepsi yang berbeda antar peserta didik. Capaian Pembelajaran (CP) yang harus dicapai oleh peserta didik di akhir fase D adalah peserta didik mampu melakukan klasifikasi makhluk hidup dan benda berdasarkan karakteristik yang diamati, mengidentifikasi sifat dan karakteristik zat, membedakan perubahan fisik dan kimia serta memisahkan campuran sederhana. Untuk mencapai CP tersebut perlu mengha-

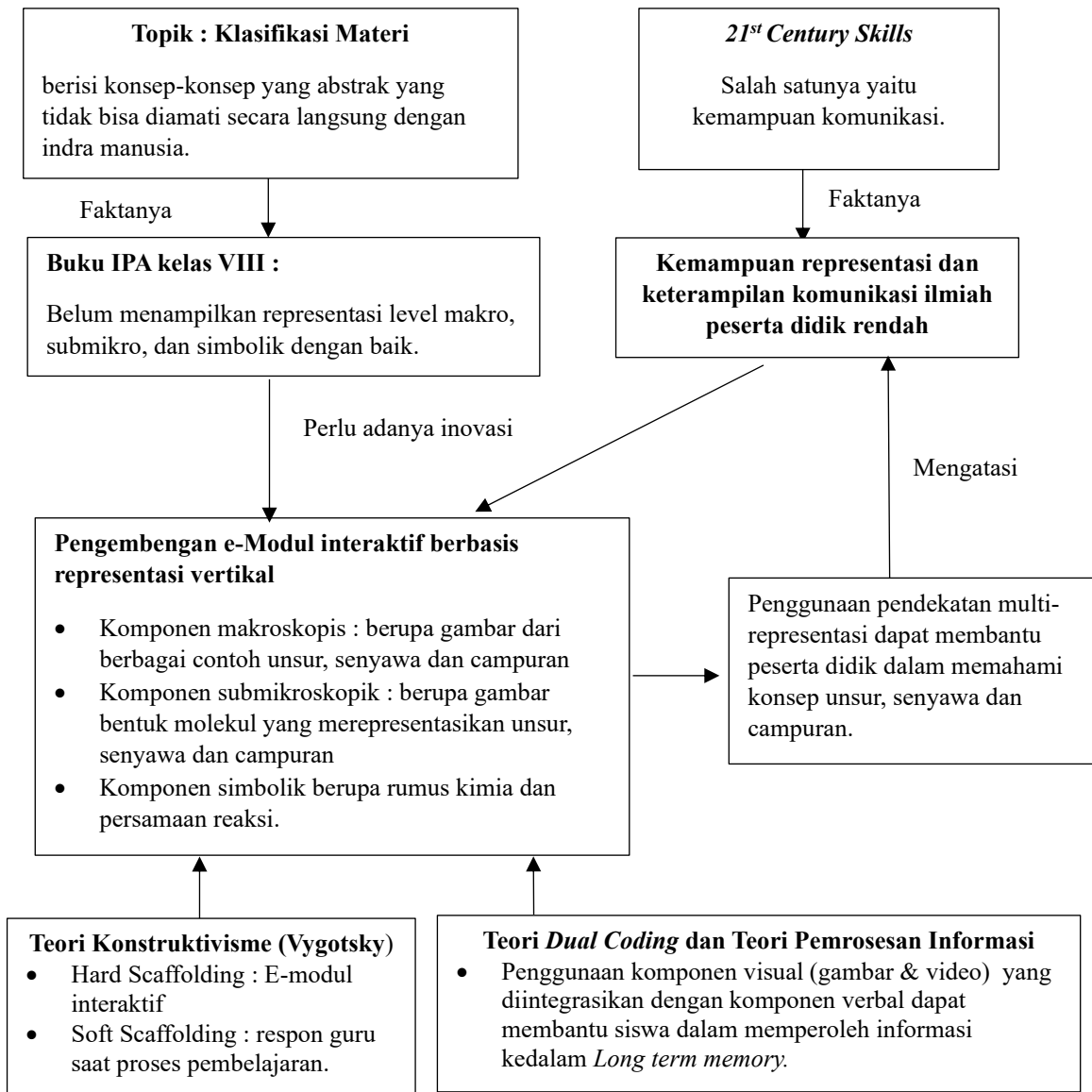
dirikan represent-tasi level makro, submikro, dan simbolik pada media yang digunakan

Solusi untuk memfasilitasi pembelajaran sains yang bersifat abstrak yaitu dengan menghadirkan media pembelajaran yang inovatif dengan menggunakan bahan ajar *e-modul* interaktif. *e-modul* interaktif tersebut dapat memuat representasi pada level makro, submikro, dan simbolik yang memvisualisasikan topik klasifikasi materi unsur senyawa dan campuran.

Hingga kini telah banyak dijumpai buku yang telah menghadirkan representasi makro, simbolik, serta submikro, tetapi masih sangat jarang dijumpai *e-modul* yang bersifat interaktif. Penggunaan bahan ajar yang interaktif akan membuat proses pembelajaran yang terjadi di kelas akan lebih efektif dan efisien karena peserta didik akan langsung mendapatkan umpan balik atas kinerjanya.

Pada *e-modul* interaktif peserta didik disajikan berupa gambar makroskopis dari campuran heterogen air laut dan pasir, untuk memisahkan campuran tersebut dapat dilakukan dengan cara filtrasi yang nantinya akan didapat campuran homogen berupa air laut yang di dalamnya ada komponen senyawa air (H_2O) dan garam ($NaCl$) beserta dengan gambar representasi sub-mikroskopiknya. Dengan menggunakan metode kristalisasi, campuran air garam tersebut dapat diuraikan menjadi senyawa-senyawa penyusunnya yaitu air (H_2O) dan garam ($NaCl$). Masing-masing dari senyawa tersebut dapat diuraikan lagi melalui suatu reaksi kimia elektrolisis menjadi unsur-unsur penyusunnya, dimana senyawa garam $NaCl$ akan terurai menjadi unsur Natrium (Na) dan unsur Klorin (Cl_2) dan senyawa air H_2O akan terurai menjadi unsur Hidrogen (H_2) dan unsur oksigen (O_2). Unsur penyusun senyawa itulah yang merupakan zat tunggal yang tidak bisa dibagi lagi. Dengan menggunakan bantuan gambar makroskopis, dan gambar representasi submikroskopik serta simbol berupa rumus kimia dan persamaan reaksi yang disajikan dalam hirarki vertikal yang berkaitan satu dengan yang lain, peserta didik akan dapat memahami hubungan dan perbedaan unsur, senyawa dan campuran. Hal ini akan melatih mereka dalam penggunaan berbagai representasi yang mereka pahami untuk menggambarkan unsur, senyawa dan campuran, dengan demikian peserta didik akan lebih muda dalam mengkomunikasikan hasil

pembelajaran yang ada di kelas dengan bantuan representasi yang mereka pilih. Di akhir fase D peserta didik akan lebih muda dalam mengklasifikasikan suatu materi kedalam kelompok unsur, senyawa dan campuran. Skema kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kerangka pikir

K. Hipotesis Penelitian

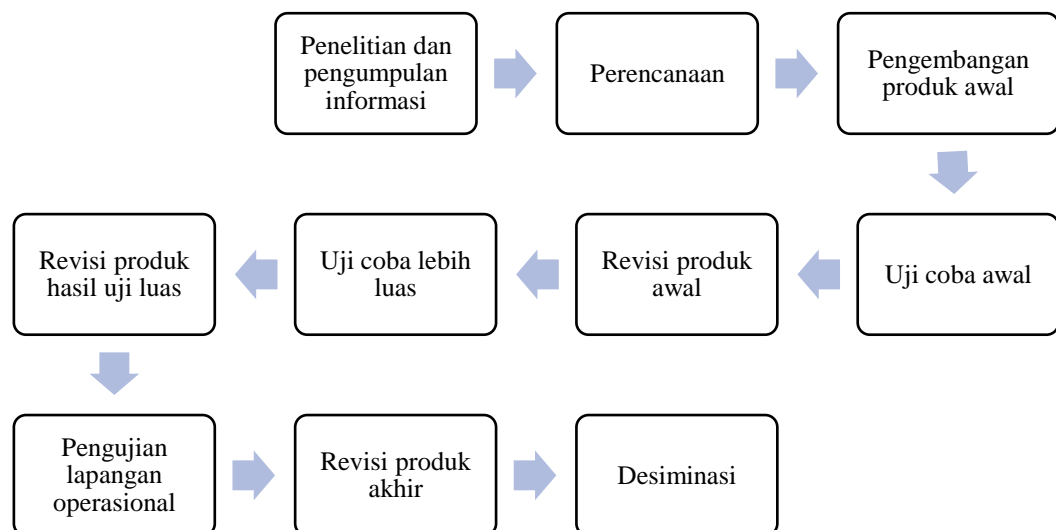
Berdasarkan uraian diatas, hipotesis dalam penelitian ini diantaranya :

1. *E-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal hasil pengembangan dapat meningkatkan kemampuan representasi
2. *E-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal hasil pengembangan dapat meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *Research and Development* (R&D) menurut Gall *et al.*, (2003). Terdapat sepuluh langkah dalam pelaksanaan penelitian dan pengembangan yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Langkah-langkah penelitian menggunakan desain R&D menurut Gall *et al.*, (2003)

Langkah-langkah penelitian dan pengembangan di atas, dalam penelitian ini selanjutnya disederhanakan sesuai dengan kondisi dan kegunaan praktis di lapangan. Produk yang dihasilkan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah *e-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi untuk meningkatkan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik.

B. Sumber Data

Pada tahap pendahuluan sumber data adalah 20 guru IPA yang berasal dari beberapa SMP di provinsi Lampung serta 100 peserta didik kelas IX yang berasal dari beberapa SMP di provinsi Lampung. Responden peserta didik dipilih kelas IX dengan pertimbangan bahwa peserta didik tersebut telah memperoleh pengalaman belajar tentang topik klasifikasi materi di kelas VIII.

Pada tahap uji coba awal, sumber data adalah 2 orang validator ahli yang masing-masing menilai isi materi, konstruksi, dan bahasa. Pada tahap uji coba lebih luas, sumber data adalah 10 peserta didik kelas IX di SMP Negeri 3 Natar dan 3 guru IPA kelas VIII di SMP Negeri 3 Natar. Pada tahap uji lapangan operasional sumber data adalah 67 peserta didik kelas VIII di SMP Negeri 3 Bandar Lampung.

C. Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini, antara lain :

1. Penelitian dan pengumpulan informasi (*research and information*)

a. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan analisis indikator kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah. Selain itu ditahap ini dilakukan pengkajian literatur ilmiah terkait representasi vertikal pada pembelajaran IPA dan menganalisis representasi vertikal yang ada pada buku IPA peserta didik.

b. Studi lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengisian kuesioner kebutuhan bahan ajar oleh guru dan peserta didik pada pembelajaran klasifikasi materi.

2. Perencanaan (*planning*)

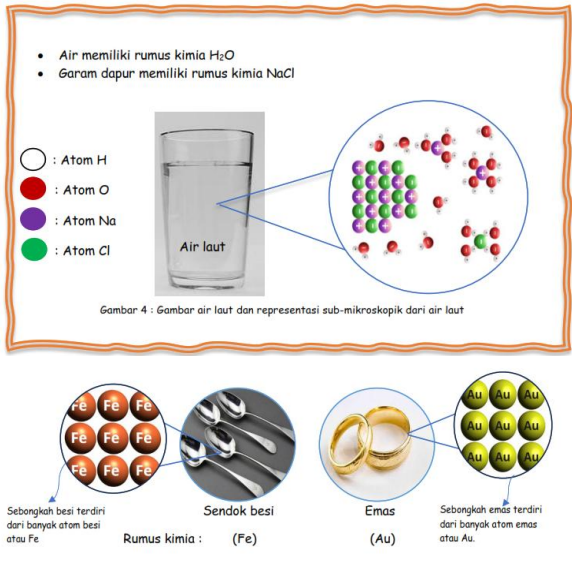
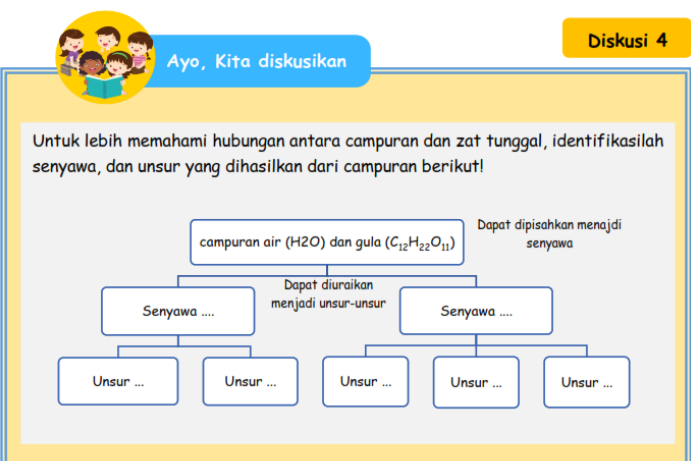
Pada tahap ini dilakukan analisis CP, membuat tujuan pembelajaran, mengembangkan modul ajar dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) membuat *Story board e-Modul* interaktif klasifikasi materi berbasis representasi vertikal. Komponen-komponen *e-Modul* interaktif berbasis representasi

vertikal pada topik klasifikasi materi yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 3.

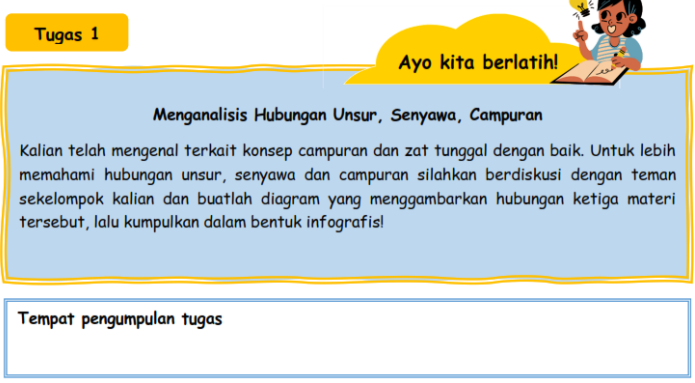
Tabel 3. Storyboard e-Modul Interaktif berbasis representasi vertikal

No	Komponen	Keterangan isi
1.	Sampul Depan	Halaman sampul depan dibuat dengan memuat: <ol style="list-style-type: none"> Judul Produk Pengembangan e- modul interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi Gambar terkait klasifikasi materi Nama peneliti dan komisi dosen pembimbing terdiri atas Fitri Meliniasari, Dr. M. Setyarini, M.Si, Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.
2	Kata pengantar	Pengantar dari penulis dengan memperkenalkan isi buku untuk mengarahkan pembaca untuk memahaminya secara baik.
3	Daftar isi	Terdiri dari bagian yang disajikan secara sistematis dari sub bab.
4	Capaian pembelajaran	Berisi capaian pembelajaran yang dipilih yang berkaitan dengan topik klasifikasi materi
5	Tujuan pembelajaran	Berisi indikator ketercapaian pembelajaran pada topik klasifikasi materi
4	Peta konsep	Terdiri atas poin materi yang disajikan disertai dengan contohnya. Berikut gambaran untuk peta konsep : <div style="text-align: center;"> <p>PETA KONSEP</p> <pre> graph TD Materi[Materi] --> ZT[Zat tunggal] Materi --> Camp[Campuran] ZT --> Unsur[Unsur] ZT --> Senyawa[Senyawa] Camp --> Homogen[Homogen] Camp --> Heterogen[Heterogen] Unsur --> Logam[Logam] Unsur --> NonLogam[Non Logam] Homogen --> Kristalisasi[Kristalisasi] Homogen --> Destilasi[Destilasi] Homogen --> Sublimasi[Sublimasi] Homogen --> Kromatografi[Kromatografi] Heterogen --> Filtrasi[Filtrasi] Heterogen --> Dekantasi[Dekantasi] </pre> </div>
7	Pendahuluan	Berisi beberapa hal yang perlu dituangkan seperti fenomena alam yang berkaitan dengan materi, tujuan pembelajaran, dan keterkaitan materi dengan indikator . Fenomena yang digunakan : pembuatan garam dari air laut.
8	Penyajian Materi 1. Judul Sub Bab I 2. Judul Sub Bab II 3. dst	Hal-hal penting yang perlu disajikan pada bagian ini yaitu: uraian materi berupa fakta, konsep, prinsip dan prosedur yang dilengkapi ilustrasi yang berbasis representasi vertikal. materi bersumber dari buku teks/referensi, jurnal dan hasil penelitian lain yang relevan. Materi pada e-modul ini terbagi menjadi Lima sub-bab diantaranya : <ol style="list-style-type: none"> Materi Hubungan campuran dan zat tunggal Zat tunggal

Tabel 3. Lanjutan

No	Komponen	Keterangan isi
8		<p>4. Zat tunggal 5. Campuran 6. Pemisahan campuran</p> <p>Materi yang disajikan berupa gambar level makroskopik, sub-mikroskopik dan level simbolik. Berikut beberapa contoh penyajian materi yang ada pada <i>e-Modul</i> :</p>  <p>Gambar 4 : Gambar air laut dan representasi sub-mikroskopik dari air laut</p> <p>Gambar 8. Beberapa contoh unsur dan representasi sub-mikroskopiknya</p>
9	Kegiatan Pembelajaran	<p>Kegiatan pembelajaran berisi :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengajukan pertanyaan 3. Mengamati video yang tersedia 4. Membuat representasi yang sesuai dengan fenomena yang ada <p>Kegiatan diskusi yang diberikan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah, berikut beberapa contoh kegiatan yang ada di <i>e-modul</i> :</p> 

Tabel 3. Lanjutan

No	Komponen	Keterangan isi
9		 <p>Tugas 1</p> <p>Ayo kita berlatih!</p> <p>Menganalisis Hubungan Unsur, Senyawa, Campuran</p> <p>Kalian telah mengenal terkait konsep campuran dan zat tunggal dengan baik. Untuk lebih memahami hubungan unsur, senyawa dan campuran silahkan berdiskusi dengan teman sekelompok kalian dan buatlah diagram yang menggambarkan hubungan ketiga materi tersebut, lalu kumpulkan dalam bentuk infografis!</p> <p>Tempat pengumpulan tugas</p>
10	Rangkuman	Berisi rangkuman atau resume tentang materi yang disajikan yang ditulis secara ringkas dan sistematis.
11	Daftar pustaka	Tampilan ini berisi referensi yang dikutip oleh penulis untuk membuat e-modul pembelajaran IPA.

3. Pengembangan produk awal (*develop preliminary form of product collecting*)

Pada tahap ini dilakukan pembuatan draf pengembangan *e-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi, membuat instrumen penelitian berupa soal pretes dan postes dengan menggunakan indikator kemampuan representasi menurut Kozma & Russell (2005) dan indikator kemampuan komunikasi ilmiah menurut Levy *et al.*, (2008). Indikator yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator pada instrument tes

Indikator kemampuan representasi	Indikator soal
Memilih representasi dalam menjelaskan fenomena ilmiah	Diberi beberapa gambar yang merepresentasikan unsur, senyawa dan campuran, peserta didik dapat memilih representasi yang sesuai dengan konsep unsur, senyawa dan campuran
Menggunakan kata-kata dalam mengidentifikasi suatu representasi	Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan representasi yang dapat menggambarkan konsep unsur, senyawa dan campuran berdasarkan karakteristiknya.
Membuat hubungan antar representasi yang berbeda	Diberi beberapa gambar yang merepresentasikan zat tunggal dan campuran, peserta didik dapat menentukan gambar yang sesuai berdasarkan representasi simboliknya.

Tabel 4. Lanjutan

Indikator kemampuan representasi	Indikator soal
Menggunakan representasi dalam menarik kesimpulan dan membuat prediksi tentang fenomena kimia yang diamati	Diberi representasi simbolik dari beberapa zat tunggal, peserta didik mampu mengidentifikasi atom penyusun dari zat tersebut dan menyimpulkan perbedaan unsur dan senyawa berdasarkan hasil identifikasinya.
Membuat representasi dalam menjelaskan fenomena ilmiah	Diberi suatu fenomena tentang materi, peserta didik dapat menghasilkan suatu representasi dalam mengklasifikasikan materi tersebut kedalam unsur, senyawa atau campuran
Menggunakan kata-kata dalam mengidentifikasi suatu representasi	Disajikan representasi suatu campuran unsur dan campuran senyawa, peserta didik mampu menjelaskan perbedaan keduanya dengan kalimat yang jelas.
Indikator kemampuan komunikasi ilmiah	Indikator soal
<i>Observing</i> (menyampaikan pernyataan setelah mengamati fenomena)	Diberi beberapa pernyataan tentang sifat suatu unsur, peserta didik dapat mengidentifikasi sifat dan karakter dari unsur logam dan non logam serta menentukan unsur yang termasuk ke dalam unsur logam dan unsur non logam berdasarkan sifatnya.
<i>Scientific reading</i> (membaca bacaan ilmiah untuk memperoleh informasi)	Diberikan suatu wacana tentang minyak bumi dan proses mendapatkannya, peserta didik dapat menuliskan berbagai informasi yang didapat dari wacana tersebut
<i>information representation</i> (membuat gambar dan menjelaskan gambar beserta maksudnya)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diberikan suatu masalah terkait pemisahan campuran, peserta didik mampu menentukan teknik pemisahan yang tepat berdasarkan masalah yang ada dan membuat gambar terkait teknik pemisahan tersebut. 2. Diberikan suatu wacana tentang pemisahan campuran dengan cara sublimasi beserta dengan gambar sampel saat sebelum dan sesudah dilakukannya pemisahan, peserta didik dapat membuat tabel hasil pengamatan dan membuat kesimpulan atau abstrak berdasarkan wacana yang ada

4. Uji coba awal (*preliminary field testing*)

Pada tahap ini uji coba awal dilakukan dengan menilai validitas dari produk yang dikembangkan oleh validator ahli yaitu dua dosen ahli dengan masing-masing validator menilai aspek dari kesesuaian isi, kesesuaian konstruksi dan bahasa.

5. Revisi produk awal (*main product revision*)

Pada tahap ini dilakukan revisi draf berdasarkan penilaian yang telah dilakukan oleh validator ahli mencakup aspek dari kesesuaian isi, kesesuaian konstruksi dan bahasa. Hasil revisi produk awal ini digunakan untuk uji coba luas yang dilakukan dengan kelas IX.

6. Uji coba lebih luas (*main filed testing*)

Pada tahap ini dilakukan uji coba pada 3 guru IPA dan 10 peserta didik SMP kelas IX di SMP Negeri 3 Natar untuk melihat aspek kemudahan, kemenarikan, kebermanfaatan, dan keterbacaan *e-Modul* yang telah dikembangkan.

7. Revisi produk hasil uji luas (*operational product revision*)

Pada tahap ini dilakukan revisi draf *e-Modul* interaktif hasil pengembangan berdasarkan tanggapan guru dan peserta didik pada uji coba lebih luas. Produk hasil revisi ini digunakan untuk uji coba lapangan operasional.

8. Uji coba lapangan operasional (*operational field testing*)

Pada tahap ini dilakukan uji coba lapangan terkait penggunaan *e-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi untuk melihat keefektifan *e-Modul* dalam meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.

Produk hasil pengembangan diujikan pada peserta didik SMP Kelas VIII. Populasi pada penelitian ini yaitu 240 peserta didik kelas VIII di SMP Negeri 3 Natar. Teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu *purposive sampling* dengan pertimbangan jadwal pelajaran dan guru pengampu mata pelajaran IPA di antara kedua kelas. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 34 peserta didik kelas VIIIA sebagai kelas eksperimen dan 33 peserta didik kelas VIIID sebagai kelas kontrol. Desain penelitian yang digunakan yaitu *Equivalent pretest-posttest Control Group Design* (Fraenkel *et al.*, 2012) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain penelitian Equivalent pretest-posttest Control Group Design

Kelas	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₁	-	O ₂

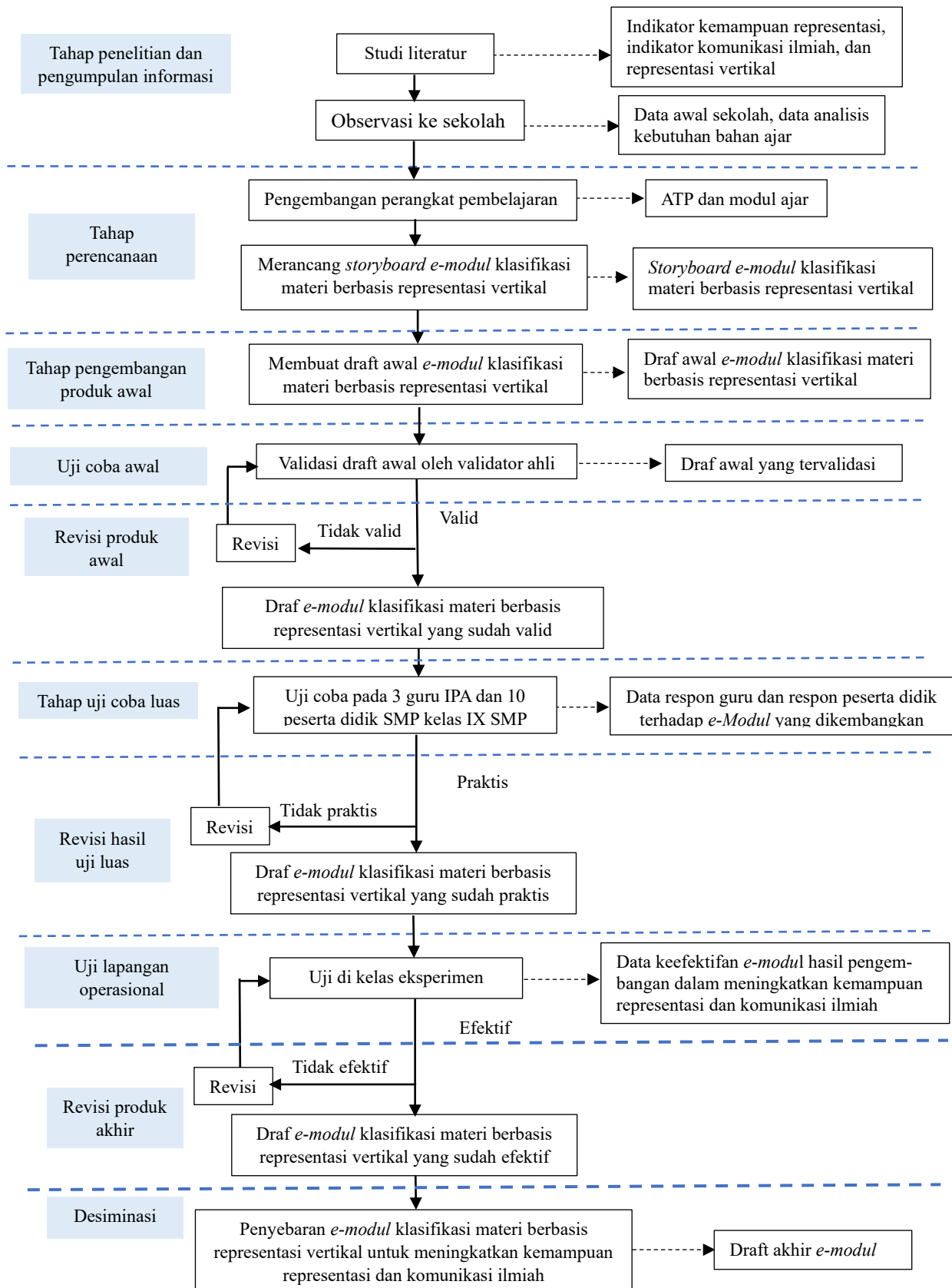
Pada awalnya kedua kelas diberi pretes (O₁) untuk melihat kemampuan awal peserta didik, selanjutnya pada kelas eksperimen diberi perlakuan berupa penggunaan *e-Modul* hasil pengembangan, sedangkan pada kelas kontrol digunakan bahan ajar yang biasa mereka gunakan. Setelah itu dilakukan postes (O₂) untuk melihat keefektifan penggunaan *e-Modul* hasil pengembangan dalam meningkatkan kemampuan representasi dan keterampilan komunikasi ilmiah. Nilai pretes dan postes yang didapat diuji dengan Uji *Independent t-test* untuk melihat adanya perbedaan kemampuan representasi dan kemampuan komunikasi ilmiah antar kedua kelas.

9. Revisi produk akhir (*Final produk revision*)

Pada tahap ini dilakukan revisi *e-Modul* interaktif berdasarkan hasil implementasi di kelas eksperimen pada uji coba lapangan sehingga diperoleh produk akhir *e-Modul* interaktif klasifikasi materi berbasis representasi vertikal yang akan dipublikasi.

10. Desiminasi (*Dissemination*)

Setelah dilakukan pengujian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, selanjutnya dilakukan kegiatan desiminasi atau penyebaran. Kegiatan ini dilakukan agar media pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh pendidik IPA lainnya. Produk media pembelajaran tersebut diunggah dan disimpan dalam *google drive* untuk disebarluaskan sehingga media pembelajaran tersebut dapat digunakan oleh pendidik IPA lainnya. Adapun alur penelitian ini digambarkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Alur penelitian

E. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini meliputi instrumen studi pendahuluan, instrumen validasi ahli, instrumen uji coba lapangan awal, dan instrumen tes. Instrumen-instrumen tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Instrumen studi pendahuluan

Instrumen yang digunakan pada studi pendahuluan meliputi lembar kuesioner guru dan kuesioner peserta didik. Kuesioner guru dan peserta didik digunakan untuk memperoleh informasi mengenai buku yang digunakan oleh beberapa sekolah yang bersangkutan pada pembelajaran topik partikel materi dan sifat bahan.

a. Lembar kuisisioner guru

Kuesioner guru digunakan untuk mengungkap fakta-fakta di lapangan terkait (1) jenis bahan ajar yang digunakan pada topik partikel materi dan sifat bahan; (2) jenis representasi vertikal yang disajikan pada media yang digunakan; (3) pentingnya penggunaan representasi dalam menjelaskan topik klasifikasi materi (unsur, senyawa, dan campuran), (4) *e-modul* seperti apa yang diharapkan sebagai bahan ajar pada topik klasifikasi materi; (5) perlu atau tidak dilakukan pengembangan *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah. Lembar kuisisioner guru dapat dilihat pada Lampiran 1.

b. Lembar kuisisioner peserta didik

Kuesioner peserta didik digunakan untuk mengungkap fakta-fakta di lapangan terkait : (1) jenis bahan ajar yang digunakan pada topik klasifikasi materi; (2) jenis representasi yang disajikan pada topik klasifikasi materi, (3) karakteristik bahan ajar yang disukai oleh peserta didik pada topik klasifikasi materi, (4) kemampuan peserta didik dalam mengklasifikasikan materi dengan bahan ajar yang digunakan, (5) kemampuan peserta didik dalam menggambarkan konsep unsur, senyawa, dan campuran dengan bahan ajar yang digunakan, (6) perlu atau tidak

dilakukan pengembangan *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi untuk meningkatkan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah. Lampiran kuesioner peserta didik dapat dilihat pada Lampiran 2.

2. Instrumen validasi ahli

Instrumen yang digunakan pada validasi ahli meliputi instrumen aspek kesesuaian isi, konstruksi, dan bahasa. Instrumen yang digunakan berbentuk kuesioner. Hasil dari validasi dijadikan sebagai masukan dalam revisi *e-modul* interaktif yang dikembangkan.

Instrumen aspek kesesuaian isi disusun untuk mengukur kesesuaian isi *e-modul* interaktif dengan Capaian Pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran, indikator kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah yang digunakan, kesesuaian urutan materi dengan indikator serta penyajian materi di dalamnya. Instrumen aspek kesesuaian isi dapat dilihat pada Lampiran 8. Instrumen aspek konstruksi disusun untuk mengukur apakah konstruk *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal telah sesuai dengan format *e-modul* yang ideal. Instrumen aspek konstruksi dapat dilihat pada Lampiran 9. Instrumen aspek bahasa disusun untuk mengetahui apakah penggunaan bahasa sudah sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar; penggunaan kalimat mudah dipahami; variasi ukuran huruf dan bentuk huruf (*font*); perpaduan warna; kualitas gambar; serta penulisan keterangan gambar dan tabel. Instrumen aspek bahasa dapat dilihat pada Lampiran 10.

3. Instrumen pada uji coba luas

Instrumen yang digunakan pada uji coba luas berupa angket untuk mengetahui bagaimana tanggapan guru dan peserta didik terhadap aspek kemudahan, kemenarikan, kebermanfaatan, dan keterbacaan pada *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal hasil pengembangan. Instrumen angket tanggapan guru dapat dilihat pada Lampiran 12, sedangkan instrumen angket tanggapan peserta didik dapat dilihat pada Lampiran 13. Data pada angket ini

digunakan untuk mengukur kepraktisan dari *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal yang telah dikembangkan.

4. Instrumen pada tahap uji coba lapangan

Instrumen pada tahap uji coba luas berupa soal pretes-postes, lembar penilaian keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar panduan wawancara. Soal pretes dan postes digunakan untuk mengukur kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik. Soal pretes-postes yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 19. Lembar penilaian keterlaksanaan pembelajaran dan lembar panduan wawancara digunakan untuk mendukung bagaimana keefektifan *e-modul* interaktif berbasis representasi vertikal yang telah dikembangkan. Lembar penilaian keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Lampiran 16. Lembar panduan wawancara yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Panduan wawancara

No	Tujuan Khusus Penelitian	Pertanyaan Wawancara
1	Perasaan saat peserta didik belajar menggunakan <i>e-Modul</i> interaktif	Bagaimanakah perasaan Anda saat belajar klasifikasi materi menggunakan <i>e-Modul</i> interaktif?
2	Pemahaman mengenai klasifikasi materi sebelum dan setelah belajar menggunakan <i>e-Modul</i> interaktif	Bagaimana pemahaman Anda mengenai klasifikasi materi? Coba jelaskan apa yang Anda ketahui tentang perbedaan unsur, senyawa dan campuran!
3	Manfaat mempelajari topik tentang klasifikasi materi	Menurut Anda, apakah mempelajari klasifikasi materi ini berguna bagi kehidupan Anda?
4	Kebermanfaatan <i>e-Modul</i> interaktif dalam melatih kemampuan representasi	Menurut Anda, apakah <i>e-Modul</i> interaktif ini dapat melatih Anda untuk membuat gambar, grafik, maupun tabel dalam merepresentasikan sesuatu?
5	Saran untuk perkembangan <i>e-modul</i> interaktif	Apakah ada saran dari Anda untuk <i>e-Modul</i> interaktif ini?

Pada penelitian ini sebelum instrumen tes digunakan dalam penelitian ini, instrumen terlebih dahulu divalidasi oleh ahli yang relevan dan diujicoba pada kelas diluar sampel penelitian untuk menganalisis validitas dan reliabilitasnya. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Instrumen Penelitian dan Pengembangan e-modul Interaktif

No	Data	Instrumen	Statistik	Metode
1.	Analisis kebutuhan <i>e-Modul</i>	Kuesioner guru	Deskriptif kuantitatif	Kuesioner
		Kuesioner peserta didik		Uji ahli
2.	Validitas <i>e-modul</i>	Lembar validasi aspek kesesuaian isi		Uji ahli
		Lembar validasi aspek konstruksi		Uji ahli
		Lembar validasi aspek bahasa		Uji ahli
3.	Kepraktisan <i>e-modul</i>	Angket tanggapan guru		Kuesioner
		Angket tanggapan peserta didik		
4.	Peningkatan kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah	Pretes & postes	Kuantitatif	Tes
5.	Implementasi produk	Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran	Deskriptif kuantitatif	Observasi
		Lembar panduan wawancara	Kualitatif	Wawancara

F. Analisis Data

Teknik analisis data meliputi: (1) analisis data studi pendahuluan; (2) data angket hasil validasi ahli, tanggapan guru, dan tanggapan peserta didik; (3) analisis data uji validitas dan reliabilitas soal pretes dan postes; (4) analisis data skor pretes dan postes; (5) pengujian hipotesis.

1. Analisis data studi pendahuluan

Hasil data studi pendahuluan dianalisis dengan cara :

- a. Mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada kuesioner guru dan kuesioner peserta didik
- b. Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari jawaban pada setiap butir pertanyaan pada kuesioner guru dan kuesioner peserta didik.

- c. Menghitung persentase jawaban kuesioner guru dan peserta didik, bertujuan untuk melihat besarnya persentase jawaban dari setiap pertanyaan sehingga data yang diperoleh dapat dianalisis sebagai temuan. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\%Jin = \frac{\sum J_i}{N} \times 100$$

Keterangan :

%Jin : Persentase pilihan jawaban-i

$\sum J_i$: Jumlah responden yang menjawab jawaban-i

N : jumlah seluruh responden (Sudjana, 2005)

- d. Menjelaskan hasil penafsiran persentase jawaban responden dalam bentuk deskripsi naratif.

2. Analisis data angket

Adapun kegiatan dalam teknik analisis data angket validasi ahli serta tanggapan guru dan peserta didik pada *e-Modul* berbasis representasi vertikal dilakukan dengan cara:

- Mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
- Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden.
- Memberi skor jawaban responden yang dilakukan berdasarkan skala Likert yang terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Penskoran pada angket berdasarkan skala likert (Sugiyono, 2019)

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat setuju (SS)	5
2	Setuju (S)	4
3	Kurang setuju (KS)	3
4	Tidak setuju (TS)	2
5	Sangat tidak setuju (STS)	1

- d. Mengolah jumlah skor jawaban responden. Pengolahan jumlah skor ($\sum S$) jawaban angket adalah sebagai berikut:

Skor untuk pernyataan Sangat Setuju (SS)

Skor = 5 × jumlah responden
 Skor untuk pernyataan Setuju (S)
 Skor = 4 × jumlah responden
 Skor untuk pernyataan Kurang Setuju (KS)
 Skor = 3 × jumlah responden
 Skor untuk pernyataan Tidak Setuju (TS)
 Skor = 2 × jumlah responden
 Skor untuk pernyataan Sangat Tidak Setuju (STS)
 Skor = 1 × jumlah responden

- d. Menghitung persentase jawaban angket pada setiap pernyataan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%X_{in} = \frac{\sum S}{S_{maks}} \times 100\%$$

Keterangan :

$\%X_{in}$ = Persentase jawaban angket ke-i e-modul interaktif berbasis representasi vertikal

$\sum S$ = jumlah skor jawaban

S_{maks} = Skor maksimum (Sudjana, 2005)

- e. Menghitung rata-rata persentase jawaban setiap angket dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\overline{\%X_i} = \frac{\sum \%X_{in}}{n}$$

Keterangan :

$\%X_i$ = rata-rata persentase jawaban terhadap pernyataan pada angket

$\sum \%X_{in}$ = jumlah persentase jawaban terhadap semua pernyataan pada angket

n = jumlah seluruh pernyataan pada angket (Sudjana, 2005)

- f. Menafsirkan rata-rata persentase angket dengan menggunakan tafsiran Arikunto (2010) berdasarkan Tabel 9.

Tabel 9. Tafsiran persentase angket

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

- g. Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli dengan menggunakan tafsiran Arikunto (2010) berdasarkan Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria validasi analisis persentase

Persentase	Tingkat kevalidan	Keterangan
76-100	Valid	Layak/tidak perlu direvisi
51-75	Cukup valid	Cukup layak/revisi sebagian
26-50	Kurang valid	Kurang layak/revisi sebagian
< 26	Tidak valid	Tidak layak/revisi total

3. Analisis data uji validitas dan reliabilitas soal pretes dan postes

Uji validitas dan reliabilitas instrumen tes komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi dilakukan sebelum soal digunakan pada pretes dan postes.

Validitas empiris instrumen komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik dihitung menggunakan program SPSS 25. Instrumen tes dapat dikatakan valid jika $r_{hitung} > r_{tabel}$. Penafsiran makna korelasi validitas butir soal menggunakan makna koefisien korelasi *product moment* menurut berdasarkan tafsiran Arikunto (2010). disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Interpretasi koefisien korelasi product moment

Angka korelasi	Makna
0.80 – 1.00	Sangat tinggi
0.60 – 0.80	Tinggi
0.40 – 0.60	Cukup
0.20 – 0.40	Rendah
0.00 – 0.20	Sangat rendah

Uji reliabilitas dalam penelitaian ini menggunakan program SPSS 25.

Instrumen tes dapat dikatakan reliabel jika $Alpha\ Cornbach > r_{tabel}$. Kriteria derajat reliabilitas (r_{11}) menurut Guilford (Rosidin, 2017) adalah sebagai berikut:

$0,90 < r_{11} \leq 1,00$; derajat reliabilitas sangat tinggi

$0,70 < r_{11} \leq 0,90$; derajat reliabilitas tinggi

$0,40 < r_{11} \leq 0,70$; derajat reliabilitas sedang

$0,20 < r_{11} \leq 0,40$; derajat reliabilitas rendah

$0,00 < r_{11} \leq 0,20$; derajat reliabilitas sangat rendah

4. Analisis data skor pretes dan postes

Kemampuan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik diukur dengan menggunakan soal pretes dan postes yang sebelumnya telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Peningkatan keterampilan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi ditunjukkan melalui skor n-Gain, yaitu selisih antara skor postes & skor pretes.

a. Mengubah skor menjadi nilai

Nilai pretes & postes untuk kemampuan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{persentase (\%)skor} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimal}} \times 100$$

b. Menghitung n-Gain

Untuk mengetahui besarnya peningkatan kemampuan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi maka dilakukan analisis nilai gain ternormalisasi (n-Gain). Rumus n-Gain menurut (Hake, 1998) adalah sebagai berikut :

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle S_{postest} \rangle - \% \langle S_{pretest} \rangle}{100 - \% \langle S_{pretest} \rangle}$$

Keterangan :

- $\langle g \rangle$: n-Gain
- $\langle S_{postest} \rangle$: Skor postes
- $\langle S_{pretest} \rangle$: Skor pretes

Setelah menghitung n-Gain masing-masing peserta didik, dilakukan perhitungan n-Gain rata-rata kelas baik kelas eksperimen & kelas kontrol.

Rumus nilai n-Gain rata-rata kelas adalah :

$$\overline{Xn} - \text{Gain} = \frac{\sum n - \text{gain siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Hasil perhitungan rata-rata n-Gain kemudian dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang dinyatakan oleh Hake (1998) sebagaimana Tabel 12.

Tabel 12. Kategori n-Gain

Besarnya n-Gain	Kategori
$n\text{-Gain} \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n\text{-Gain} < 0,7$	Sedang
$n\text{-Gain} < 0,3$	Rendah

5. Pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan software SPSS 25.00. Uji normalitas & homogenitas sebelumnya dilakukan untuk menentukan langkah uji selanjutnya yaitu uji parametrik atau uji nonparametrik. Jika data berdistribusi normal uji perbedaan dua rata-rata dapat menggunakan *Independent Sample T Test* Jika data tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji nonparametric yaitu *mann whitney U test (wilcoxon rank sum test)*. Adapun hipotesis-hipotesis yang akan diuji sebagai berikut:

a. Uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah kedua sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Rumusan hipotesis pada pengujian ini sebagai berikut:

Hipotesis:

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

H_1 : sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

Pada penelitian ini uji normalitas menggunakan *SPSS 25.0* dengan kriteria uji jika nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka data tersebut berdistribusi normal.

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dua varians digunakan untuk mengetahui apakah dua kelompok sampel mempunyai varians yang homogen atau tidak. Rumusan hipotesis pada uji homogenitas dua varians adalah sebagai berikut:

Hipotesis: H_0 : sampel mempunyai variansi yang homogen.

H_1 : sampel mempunyai variansi yang tidak homogen.

Uji homogenitas menggunakan SPSS 26 dengan kriteria uji apabila nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka data tersebut berasal dari varians yang homogen.

c. Uji persamaan dua rata-rata

Uji persamaan dua rata-rata digunakan untuk memperoleh informasi apakah kemampuan komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi awal peserta didik di kelas eksperimen dan kontrol tidak berbeda signifikan. Uji persamaan dua rata-rata yang digunakan adalah uji t menggunakan program SPSS 25. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah:

1) Hipotesis 1 (komunikasi ilmiah)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$: Tidak ada perbedaan rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah pada kelas eksperimen dan kelas kontrol

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: Ada perbedaan rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah pada kelas eksperimen dan kelas kontrol

Keterangan :

μ_1 : Rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah di kelas eksperimen

μ_2 : Rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah di kelas kontrol

2) Hipotesis 2 (kemampuan representasi)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$: Tidak ada perbedaan rata-rata nilai pretes kemampuan representasi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: Ada perbedaan rata-rata nilai pretes kemampuan representasi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol

Keterangan :

μ_1 : Rata-rata nilai pretes kemampuan representasi di kelas eksperimen

μ_2 : Rata-rata nilai pretes kemampuan representasi di kelas kontrol

Kriteria uji apabila nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka tidak ada perbedaan rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol (terima H_0).

d. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata n-gain menggunakan program SPSS 25 dengan *uji independent sampel t-test*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui

apakah rata-rata n-gain komunikasi ilmiah peserta didik dan kemampuan representasi peserta didik di kelas eksperimen berbeda secara signifikan dengan rata-rata n-gain komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik di kelas kontrol. Rumusan hipotesisnya yakni:

1) Hipotesis 1 (komunikasi ilmiah)

$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$: Rata-rata n-gain komunikasi ilmiah peserta didik di kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata n-gain komunikasi ilmiah peserta didik di kelas kontrol.

$H_1 : \mu_1 > \mu_2$: Rata-rata n-gain komunikasi ilmiah peserta didik di kelas eksperimen lebih tinggi dari- pada rata-rata n-gain komunikasi ilmiah peserta didik di kelas kontrol.

Keterangan:

μ_1 : Rata-rata n-gain komunikasi ilmiah di kelas eksperimen

μ_2 : Rata-rata n-gain komunikasi ilmiah di kelas kontrol

2) Hipotesis 2 (kemampuan representasi)

$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$: Rata-rata n-gain kemampuan representasi peserta didik di kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata n-gain kemampuan representasi peserta didik di kelas kontrol.

$H_1 : \mu_1 > \mu_2$: Rata-rata n-gain kemampuan representasi peserta didik di kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata n-gain kemampuan representasi peserta didik di kelas kontrol.

Keterangan:

μ_1 : Rata-rata n-gain kemampuan representasi di kelas eksperimen.

μ_2 : Rata-rata n-gain kemampuan representasi di kelas kontrol.

Kriteria uji terima H_1 jika nilai signifikansinya $< 0,05$. maka terdapat perbedaan rata-rata nilai pretes komunikasi ilmiah dan kemampuan representasi peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol (terima H_1).

e. Uji Regresi Linier Sederhana

Uji regresi ini dilakukan untuk melihat hubungan antara variabel independen (kemampuan representasi) terhadap variabel dependen (komunikasi ilmiah). Analisis ini mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apabila variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan.

Adapun rumus yang digunakan:

$$Y = \alpha + \beta X + e$$

Dimana :

Y : Variabel dependen (Kemampuan komunikasi ilmiah)

X : Variabel independent (kemampuan representasi)

α : Konstanta

β : Koefisien regresi

e : standar eror

Koefisien determinasi merupakan ikhtisar yang menyatakan seberapa baik garis regresi mencocokkan data. Nilai R^2 berkisar antara 0-1. Dengan Nilai yang kecil maka kemampuan dalam menjelaskan variabel dependen amat terbatas. Sebaliknya, nilai yang mendekati satu berarti variabel independen mampu memberikan penjelasan variasi variabel dependen yang ada.

Kriteria uji : kedua variabel memiliki hubungan yang linier jika nilai Sig. < 0.05

f. *Effect size*

Besarnya dampak penggunaan *e-Modul* interaktif berbasis representasi vertikal pada topik klasifikasi materi dapat ditinjau dari besarnya nilai *effect size*. *Effect size* merupakan besarnya perbedaan rata-rata antara kelas kontrol dan kelas eksperimen (Sullivan & Feinn, 2012). Adapun rumus perhitungan *effect size* sebagai berikut:

$$Effect\ size = \frac{d}{\sqrt{d^2 + 4}}$$

Dimana :

$$Cohen's\ d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_g} \quad \text{dengan } S_g = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Keterangan :

\bar{X}_1 = rata-rata postes eksperimen

\bar{X}_2 = rata-rata postes kontrol

n_1 = jumlah sampel eksperimen

n_2 = jumlah sampel kontrol

S_1^2 = varians kelompok eksperimen

S_2^2 = varians kelompok kontrol

Hasil perhitungan effect size dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Interpretasi effect size (Cohen, 1998)

Cohen's Standars	Effect Size
Large	0,6 – 2,0
Medium	0,3 – 0,5
Small	0,0 – 0,2

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan e-modul interaktif berbasis representasi vertikal dapat disimpulkan sebagai berikut, yaitu:

1. E-modul klasifikasi materi berbasis representasi vertikal yang dikembangkan memiliki karakteristik berupa:
 - a. E-modul hasil pengembangan dilengkapi dengan penggunaan representasi vertikal level mikro, makro, dan sub-mikro yang membentuk suatu hirarki vertikal yang saling berkaitan
 - b. Sifat fleksibel yang diberikan mendukung kesempatan belajar peserta didik di mana pun dan kapan pun
 - c. Konten yang disajikan dilengkapi dengan berbagai macam tugas diskusi dengan menampilkan video animasi yang dapat menstimulus kemampuan representasi dan komunikasi ilmiah peserta didik
 - d. Latihan soal yang dilengkapi dengan fitur *feedback* dapat membantu peserta didik belajar mandiri.
2. Bahan ajar *e-modul* pembelajaran yang dikembangkan valid dengan kriteria “sangat tinggi” pada aspek kesesuaian isi, aspek konstruksi dan aspek keterbacaan.
3. Bahan ajar *e-modul* pembelajaran yang dikembangkan praktis digunakan dalam pembelajaran karena capaian keterlaksanaan pembelajaran yang sangat tinggi serta kemudahan, kemenarikan, dan kebermanfaat dan keterbacaan e-modul yang sangat tinggi.

4. *E-modul* hasil pengembangan efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi dengan rata-rata *n-Gain* kemampuan representasi pada kelas eksperimen sebesar 0.84 dengan kategori “tinggi” dan memiliki *effect size* sebesar 2.87 dengan kriteria *effect* “besar”
5. *E-modul* hasil pengembangan efektif dalam meningkatkan komunikasi ilmiah dengan rata-rata *n-Gain* komunikasi ilmiah pada kelas eksperimen sebesar 0.88 dengan kategori “tinggi” dan memiliki *effect size* sebesar 5.27 dengan kriteria *effect* “besar”.
6. Terdapat hubungan yang linier antara kemampuan representasi terhadap kemampuan komunikasi ilmiah dengan nilai korelasi sebesar 0.874. Variabel kemampuan representasi memberikan kontribusi terhadap hasil komunikasi ilmiah sebesar 76.3%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan e-modul interaktif berbasis representasi vertikal, maka terdapat saran sebagai berikut, yaitu:

1. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian ini dapat mengembangkan *e-modul* interaktif dengan menggunakan media yang lain untuk materi-materi IPA yang lain yang lebih kompleks dan abstrak.
2. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada penelitian ini perlu memperhatikan karakteristik peserta didik dan karakteristik materi saat akan melakukan pengembangan produk sehingga dapat memilih elemen representasi vertikal yang sesuai. Selain itu, peneliti perlu memperhitungkan alokasi waktu yang dibutuhkan peserta didik serta langkah-langkah pembelajaran agar penggunaan *e-modul* dalam pembelajaran di kelas optimal.
3. Pendidik dapat menggunakan LKPD sebagai bantuan belajar peserta didik di kelas.
4. Perlu adanya instrumen penilaian khusus untuk indikator *Scientific writing* pada kemampuan komunikasi ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, R., Laksmiwati, D., Supriadi, S., & Mutiah, M. (2021). Pengembangan E-Modul Berbasis Tiga Level Representasi Pada Materi Kesetimbangan Kimia untuk Peserta didik Sekolah Menengah Atas Kelas XI. *Chemistry Education Practice*, 4(3), 262-268.
- Adityawardani, D., & Hidayati, S. N. (2017). Profil Konsepsi Siswa Smp Dengan Cri Test Berbasis Revised Bloom'S Taxonomy Pada Materi Klasifikasi Materi Dan Perubahannya. *E-Jurnal Pensa*, 05(03), 335-340.
- Almanasreh, E., Moles, R., & Chen, T. F. (2019). Evaluation of methods used for estimating content validity. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 15(2), 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2018.03.066>
- Amalia, R., Yuliyanto, E., & Astuti, A. P. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Android Kelarutan Dan Hasil Kelarutan Berbasis Multipel Representasi. *Seminar Nasional Edusaintek*, 4(1), 160-167. <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusaintek/article/view/556>
- Angell, C., Kind, P. M., Henriksen, E. K., & Guttersrud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. *Physics Education*, 43(3), 256-264. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/43/3/001>
- Ariani, N., & Rahma, I. F. (2020). Keefektifan Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Pencapaian Aspek Kemampuan Representasi dan Komunikasi Matematis Siswa Kelas VI SD Negeri 118296 Beringin Jaya Pinang Damai. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 113. <https://doi.org/10.33087/phi.v4i2.107>
- Arif, S., & Muthoharoh, A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Powtoon dalam Meningkatkan Kemampuan Representasi IPA di Tengah Pandemi Covid 19. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 5(1), 112-124. <https://doi.org/10.24815/jipi.v5i1.19779>
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ariyanti, H. P. (2016). Pengaruh Pembelajaran Matematika Realistik Terhadap Kemampuan Matematis Siswa (Ditinjau Dari Kemampuan Representasi Dan Komunikasi). *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(2:), 37-44. <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v6i2:.367>
- Badriyah, Y. E., Wilujeng, I., & Hastuti, P. W. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Representasi Ganda (Gambar Dan Verbal) Terhadap Keterampilan Komunikasi Dan Pemahaman Konsep IPA THE Effect Of Multiple Representations (Picture And Verval) Model Towards Communication Skill And Science Understa. *E-Journal Pendidikan IPA*, 7(8), 406-412.

- Baptista, M., Martins, I., Conceição, T., & Reis, P. (2019). Multiple representations in the development of students' cognitive structures about the saponification reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 760–771. <https://doi.org/10.1039/c9rp00018f>
- Budiyanti, K., Zaim, M., & Thahar, H. E. (2023). Teori-Teori Pendidikan dan Pengaruhnya terhadap Pembelajaran Bahasa Abad ke-21. *Journal of Education Research*, 4(4), 2471–2479.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2009). Emphasizing multiple levels of representation to enhance students' understandings of the changes occurring during chemical reactions. *Journal of Chemical Education*, 86(12), 1433–1436. <https://doi.org/10.1021/ed086p1433>
- Chen, X., de Goes, L. F., Treagust, D. F., & Eilks, I. (2019). An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different chinese communities. *Education Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/educsci9010042>
- Cheng, M., & Gilbert, J. K. (2009). *Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education BT - Multiple Representations in Chemical Education* (J. K. Gilbert & D. Treagust (ed.); hal. 55–73). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_4
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274–292. <https://doi.org/10.1039/B6RP90035F>
- Clark, R. G., & Mayer, R. E. (2008). *e-Learning and Science of Instruction: Proven Guidelines for consumers and Sesigns of Multimedia Learning 2nd Edition* (2nd ed.). Pfeiffe.
- Corradi, D. M. J., Jaegher, C. De, Collazo, N. A. J., Elen, J., & Clarebout, G. (2013). The effect of representations on difficulty perception. *Themes in Science and Technology Education*, 6(2), 91–108.
- Farida, I. (2009). The Importance Of Development Of Representational Competence In Chemical Problem Solving Using Interactive Multimedia. *Science Education*, November 2009. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31933516/makalah_seminar_intr.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1473248224&Signature=hvhFuiq2HQOiNmeo0yBMxrUS2uk%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DThe_Importance_of_Developmen

- Farida, I., & Sopandi, W. (2011). Pembelajaran berbasis web, interkoneksi multiple level representasi, Kesetimbangan larutan asam-basa. *Pembelajaran Berbasis Web untuk Meningkatkan Kemampuan Interkoneksi Multiplelevel Representasi Mahasiswa Calon Guru pada Topik Kesetimbangan Larutan Asam-Basa*, 12, 14–24.
- Fikri, M. K., & Sofianto, M. F. (2022). Pengembangan Bahan Ajar E-Modul Interaktif Pada Materi Rangka Batang Di SMK Negeri 5 Surabaya. *Jurnal Kajian Pendidikan teknik Bangunan (JKPTB)*, 8(2), 1–9.
- Fraenkel, J. R., Norman, W., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (EIGHTH EDI). McGraw-Hil.
- Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2003). *Educational Research: An Introduction, Seventh Edition*. Boston: Allyn and Bacon.
- Gilbert, J., & Treagust, D. (2009). Models and Modeling in Science Education. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Nomor 9).
- Görg, C., Pohl, M., Qeli, E., & Xu, K. (2007). Visual Representations. In *Lecture Notes in Computer Science* (hal. 163–230). https://doi.org/10.1007/978-3-540-71949-6_4
- Habsy, B. A., Fitriano, L., Sabrina, N. A., & Mustika, A. L. (2023). Tinjauan Literatur Teori Kognitif dan Konstruktivisme dalam Pembelajaran. *Tsaqofah*, 4(2), 751–769. <https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v4i2.2358>
- Hake, R. R. (1998). Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on Mathematics and Spatial Visualization. *Physics Education Research Conference*, 8(1), 1–14.
- Harefa, D., & Murnihati. (2020). *Teori Pengenalan Ilmu Pengetahuan. Alam Pada Anak Usia Dini*. Banyumas: PM Publisher.
- Harefa, E., Afendi, A. R., Karuru, P., Sulaeman, & Wote, A. Y. V. (2024). *Buku Ajar: Teori Belajar dan Pembelajaran*.
- Hasanah, D. N., & Anfa, Q. (2021). Meta Analisis Latar Belakang Berbagai Strategi dan Media Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(3), 413–419. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i3.298>
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan modul elektronik (e-modul) interaktif pada mata pelajaran Kimia kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 5(2), 180–191. <https://doi.org/10.21831/jitp.v5i2.15424>
- Herawati, R. F., Mulyani, S., & Redjeki, T. (2013). Pembelajaran Kimia Berbasis Multiple Siswa Sma Negeri I Karanganyar Tahun Pelajaran 2011 / 2012. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(2), 38–43.
- Honebein, P. C. (1996). Seven Goals for The Design of Constructivist Learning Environments. In *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*. (hal. 11–24).

- Hutahaean, L. A., Siswandari, & Harini. (2019). Utilization of Interactive E-Module as a Learning Media in the Digital Age. *Proceedings of the National Seminar on Postgraduate Educational Technology UNIMED, 2018*, 298–305. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/38744>
- Hwang, W.-Y., Chen, N.-S., Dung, J.-J., & Yang, Y.-L. (2007). Multiple Representation Skills and Creativity Effects on Mathematical Problem Solving using a Multimedia Whiteboard System. *Journal of Educational Technology & Society, 10*(2), 191–212. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.10.2.191>
- Ilahi, A. K., Subarkah, C. Z., & Sukmawardini, Y. (2022). Penerapan media pembelajaran laboratorium virtual untuk meningkatkan kemampuan representasi kimia pada materi sel elektrolisis. *Gunung Djati Conference Series, 7*, 25–37.
- Inanna, Nurjannah, Ampa, A. T., & Nurdiana. (2021). Modul Elektronik (E-Modul) Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh. *Seminar Nasional Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Makassar*, 1232–1241.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education, 70*(9), 701. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2005). Student representational competence and self-assessment when solving physics problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 1*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010104>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In *Visualization in Science Education* (1 ed., hal. 121–146). Springer Dordrecht. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2>
- Lengkana, D. (2018). *Pengembangan Program Pembelajaran Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia Berbasis Multi Representasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi dan Interelasinya dengan Keterampilan Generik Sains Calon Guru Biologi*. (Disertasi, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Lestari, I. (2021). *Perbedaan Kemampuan Representasi Dan Kemampuan Komunikasi Matematis Yang Diajar Dengan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Talk Write Dan Tipe Team Assisted Individualization Pada Materi Relasi Dan Fungsi Di Kelas X Mas Pondok Pesantren Darul Qur'an*. (Skripsi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
- Levy, O., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2008). Teaching communication skills in science: Tracing teacher change. *Teaching and Teacher Education, 24*(2), 462–477. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.10.009>
- Linda, R., Zulfarina, Z., Mas'ud, M., & Putra, T. P. (2021). Peningkatan Kemandirian dan Hasil Belajar Peserta Didik Melalui Implementasi E-Modul

- Interaktif IPA Terpadu Tipe Connected Pada Materi Energi SMP/MTs. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 191–200.
<https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i2.19012>
- Lunenburg, F. C. (2010). Communication : The Process , Barriers , And Improving Effectiveness. *Schooling*, 1, 1–11.
- Madden, S. P., Jones, L. L., & Rahm, J. (2011). The role of multiple representations in the understanding of ideal gas problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 283–293.
<https://doi.org/10.1039/C1RP90035H>
- Majeed, S. (2023). An Exploration of Students' Common Misconceptions in the Subject of Chemistry at Secondary Level. *Annals of Human and Social Sciences*, 4(II). [https://doi.org/10.35484/ahss.2023\(4-ii\)25](https://doi.org/10.35484/ahss.2023(4-ii)25)
- Mariana, Zulkifli, & Ermina, S. (2011). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis sebagai Pembentuk Karakter Calon Guru Biologi Pada 3 Varian Multimedia Yang Berbeda. *Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi 15*, 333–338.
- Mayani, C., Maknun, D., & Ubaidillah, M. (2023). Analisis keterampilan komunikasi ilmiah pada pembelajaran biologi. *Science Education and Development Journal Archives*, 1(1), 13–28.
<https://doi.org/10.59923/sendja.v1i1.2>
- Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning: prinsip-prinsip dan aplikasi. *Yogyakarta: Pustaka Pelajar*, 64, 116.
- Meij, J. van der, & Ton, de J. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learning and Instruction*, 16(3), 199–212.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.007>
- meirina, amanda maria, Fadiawati, N., & diawati, chansyanah. (2012). Animation Media Development Based Multiple Representations on Material Factors Affecting Chemical Equilibrium. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 1(2).
- Mutmainah, S. U., Permata, A. D., Kultsum, U. W., & Prihantin, P. (2022). Implementasi Pendekatan Saintifik Dalam Mengembangkan Kompetensi Abad 21 Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Sosiologi dan Humaniora*, 13(2), 443. <https://doi.org/10.26418/j-psh.v13i2.54831>
- National Education Association. (2012). *Preparing 21st century students for a global society: An Educator's Guide to the "Four Cs."* National Education Association.
- Nurjanah, R. S., Yuniar, & Pratiwit, R. Y. (2022). Analisis Kemampuan Multipel Representasi Kimia Siswa Kelas Xi Pada Materi Asam Basa Di Sma Muhammadiyah 2 Palembang. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Kimia*, 314–324.
- Nurlaelah, I., Widodo, A., Redjeki, S., & Rahman, T. (2020). Analisis

- Kemampuan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik Pada Kegiatan Kelompok Ilmiah Remaja Berbasis Riset Terintegrasi Keterampilan Proses Sains. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 12(2), 194. <https://doi.org/10.25134/quagga.v12i2.2899>
- Paivio, A. (2006). Dual Coding Theory and Education. *Pathways to Literacy Achievement for High Poverty Children*, 1–20.
- Pajriah, S., & Budiman, A. (2017). PENGARUH PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN DUAL CODING TERHADAP PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATA PELAJARAN SEJARAH (Studi Penelitian Kuasi Eksperimen pada Siswa Kelas XI di SMA Informatika Ciamis). *Jurnal Artefak*, 4(1), 77. <https://doi.org/10.25157/ja.v4i1.737>
- Pal, N., Halder, S., & Guha, A. (2019). Study on Communication Barriers in the Classroom: A Teacher's Perspective. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 6(1), 103–118. <https://doi.org/10.29333/ojcm/2541>
- Pramesti, O. B., Supeno, S., & Astutik, S. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Kemampuan Komunikasi Ilmiah dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 4(1), 21–30. <https://doi.org/10.19109/jifp.v4i1.5612>
- Rahmawati, S., Paradia, P. A., & Noor, F. M. (2021). Meta Analisis Media Pembelajaran Ipa Smp/Mts Berbasis Virtual Reality. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(1), 12–25. <https://doi.org/10.37478/optika.v5i1.752>
- Rahmi, C., Mujakir, M., & Febriani, P. (2021). Kemampuan Representasi Submikroskopik Siswa pada Konsep Ikatan Kimia. *Lantanida Journal*, 9(1), 498272.
- Redhana, I. W., Sudria, I. B. N., Suardana, I. N., Suja, I. W., & Haryani, S. (2019). Students' satisfaction index on chemistry learning process. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 101–109. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.15331>
- Ristiyani, E., & Bahriah, E. S. (2016). Analisis Kesulitan Belajar Kimia Siswa Di Sman X Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 18. <https://doi.org/10.30870/jppi.v2i1.431>
- Rizki, I. Y., Surur, M., & Noervadilah, I. (2021). Pengaruh Model Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) Terhadap Keterampilan Komunikasi Siswa. *Visipena*, 12(1), 124–138. <https://doi.org/10.46244/visipena.v12i1.1433>
- SALSABILA, Y. R., & MUQOWIM, M. (2024). Korelasi Antara Teori Belajar Konstruktivisme Lev Vygotsky Dengan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl). *LEARNING : Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(3), 813–827. <https://doi.org/10.51878/learning.v4i3.3185>
- Saputro, B., & Susilayati, M. (2021). *Pengembangan Model Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Ilmiah*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.

- Sari, L. Q., Rustana, C. E., & Raihanati, R. (2018). *Pengembangan E-Module Menggunakan Problem Based Learning Pada Pokok Bahasan Fluida Dinamis Guna Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik Sma Kelas XI*. 7(1), 36–45. <https://doi.org/10.21009/03.snf2018.01.pe.06>
- Sari, R. P., & Seprianto, S. (2018). Analisis Kemampuan Multipel Representasi Mahasiswa FKIP Kimia Universitas Samudra Semester II Pada Materi Asam Basa dan Titrasi Asam Basa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 6(1), 55–62. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i1.10745>
- Saye, J. W., & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96. <https://doi.org/10.1007/BF02505026>
- Septiani, I., Sholihah, A. nisa N., Rejekiningsih, I., Triana, Triyanto, & Rusnaini. (2020). Development of interactive multimedia learning courseware to strengthen students' character. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1267–1279. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.3.1267>
- Serevina, V., Sunaryo, Raihanati, Astra, I. M., & Sari, I. J. (2018). Development of E-Module Based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to Improve Student's Science Process Skill. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* –, 17(3), 26–36.
- Shaffer, D. R. (1996). Developmental psychology: Childhood and adolescence, 4th ed. In *Developmental psychology: Childhood and adolescence, 4th ed.* Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
- Sharifirad, G., Etemadi, Z., Jazini, A., & Rezaeian, M. (2012). Knowledge, attitude and performance of academic members regarding effective communication skills in education. *Journal of Education and Health Promotion*, 1(1), 42. <https://doi.org/10.4103/2277-9531.104812>
- Siahaan, K. W. A., Lumbangaol, S. T. P., Marbun, J., Nainggolan, A. D., Ritonga, J. M., & Barus, D. P. (2020). Pengembangan Multimedia Interaktif berbentuk Multiple Representasi terhadap Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 195–205.
- Sidiq, R., & Najuah. (2020). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.21009/jps.091.01>
- Soeharto, S., & Csapó, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. *Heliyon*, 7(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08352>
- Solso, R. L., Maclin, O. H., & Maclin, M. K. (2014). Cognitive Psychology Solso. In *Pearson*.
- Stieff, M. (2011). Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1137–1158.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.20438>

- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2019). *Metodelogi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif Dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size—or Why the P Value Is Not Enough . *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-12-00156.1>
- Sunyono. (2015). *Model Pembelajaran Multipel Representasi; Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan: Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, Internalisasi, dan Evaluasi* (1 ed.). Media Akademi.
- Suryana, E., Lestari, A., & Harto, K. (2022). Teori Pemrosesan Informasi Dan Implikasi Dalam Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(3), 1853–1862. <https://doi.org/10.58258/jime.v8i3.3498>
- Suryati, S., Surningsih, S., & Mashami, R. A. (2022). Pengembangan E-Modul Interaktif Reaksi Redoks Dan Elektrokimia Berbasis Nature Of Science Untuk Penumbuhan Literasi Sains Siswa. *Reflection Journal*, 2(1), 26–33. <https://doi.org/10.36312/rj.v2i1.847>
- Susila, H. R., Syarifah, & Gustina, T. (2023). Pembelajaran interaktif: pengembangan multimedia mata pelajaran IPA terpadu. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, 4(2), 197–204. <http://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla/issue/archive%0A>
- Tam, M. (2000). Constructivism, Instructional Design, and Technology: Implications for Transforming Distance Learning. *Educational Technology and Society*, 3(2).
- TINDANI, T. K. (2021). *PENGEMBANGAN e-BOOK INTERAKTIF BERBASIS REPRESENTASI HORIZONTAL UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN LITERASI VISUAL SISWA*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Tohari, B., & Rahman, A. (2024). Konstruktivisme Lev Semonovich Vygotsky dan Jerome Bruner: Model Pembelajaran Aktif dalam Pengembangan Kemampuan Kognitif Anak. *Nusantara: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 4(1), 209–228.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to Multiple Representations: Their Importance in Biology and Biological Education. In *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (hal. 3–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_1
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2010). 21 st CENTURY SKILLS DISCUSSION

- PAPER. *Pacific Policy Research Center in Research & Evaluation* (2010). <http://hdl.voced.edu.au/10707/254371>.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65–80. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9157-6>
- Williamson, V. M., Lane, S. M., Gilbreath, T., Tasker, R., Ashkenazi, G., Williamson, K. C., & Macfarlane, R. D. (2012). The Effect of Viewing Order of Macroscopic and Particulate Visualizations on Students' Particulate Explanations. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 979–987. <https://doi.org/10.1021/ed100828x>
- Willison, J., & Pijlman, F. B. (2016). The Effect of Convenience, Compability and Media Richness. *International Journal for Researcher Development*, 7(1), 63–83.
- Woolfolk, A. (2008). *Educational Psychology. Active Learning Edition, 10th Ed. Penerjemah: Helly Prajitno Soetjipto dan Sri Mulyantini Soetjipto*. Pustaka Pelajar.
- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan E-Modul Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh Di Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>
- Zhang, J., Johnson, K. A., Malin, J. T., & Smith, J. W. (2008). *Human-Centered Information Visualization Human-Centered Information Visualization. May 2014*.