

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI
MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI
ANTARLEVEL REPRESENTASI PADA MATERI
HUKUM DASAR KIMIA**

(Skripsi)

Oleh

**RISNA WAHYUNI DONGORAN
NPM 2013023001**



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

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI
MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI
ANTARLEVEL REPRESENTASI PADA MATERI
HUKUM DASAR KIMIA**

**Oleh
RISNA WAHYUNI DONGORAN**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI ANTARLEVEL REPRESENTASI PADA MATERI HUKUM DASAR KIMIA

Oleh
RISNA WAHYUNI DONGORAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi pada materi hukum dasar kimia. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu kuasi eksperimen dengan menggunakan desain penelitian *pretes-postes control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 1 Katibung Kabupaten Lampung Selatan Tahun Ajaran 2024/2025. Sampel penelitian ini adalah siswa kelas X merdeka 7 sebagai kelas kontrol dan kelas X merdeka 4 sebagai kelas eksperimen. Pengujian hipotesis menggunakan uji perbedaan dua rata-rata dengan *Independent Sample T-test*. Pada perhitungan nilai *n-gain* didapatkan nilai *n-gain* kelas eksperimen sebesar sebesar 0,78 dengan kriteria “tinggi”, sementara pada uji perbedaan dua rata-rata didapatkan hasil terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi siswa kelas eskperimen dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol pada materi hukum dasar kimia. Sehingga, model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul efektif untuk meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa pada materi hukum dasar kimia.

Kata Kunci: Pembelajaran *discovery*, representasi, simulasi molekul, kemampuan translasi antarlevel representasi kimia, hukum dasar kimia.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF MOLECULAR SIMULATION-ASSISTED DISCOVERY LEARNING TO IMPROVE THE ABILITY TO TRANSLATE INTERLEVEL REPRESENTATIONS ON FUNDAMENTAL CHEMICAL LAWS

By
RISNA WAHYUNI DONGORAN

This study aims to describe the effectiveness of the molecular simulation-based discovery learning model in improving translation skills across macroscopic, symbolic, and submicroscopic representation levels in the topic of basic chemistry laws. The research employed a quasi-experimental method using a pretest-posttest control group design. The population consisted of all grade X students at SMA Negeri 1 Katibung, South Lampung Regency, during the 2024/2025 academic year. The research sample included class X Merdeka 7 as the control group and class X Merdeka 4 as the experimental group. Hypothesis testing was conducted using an Independent Sample T-test to compare average scores. The n-gain analysis revealed a high score of 0.78 in the experimental group. Additionally, the Independent Sample T-test indicated a significant difference in average n-gain scores between the experimental and control groups for their translation skills across representation levels in basic chemistry laws. Thus, the molecular simulation-assisted discovery learning is effective in improving students' ability to translate interlevel representations on fundamental chemical laws.

Keywords : Discovery learning, representation, molecular simulation, ability to translate interlevel representations, fundamental chemical laws.

Judul Skripsi

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN
DISCOVERY BERBASIS SIMULASI
MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN TRANSLASI
ANTARLEVEL REPRESENTASI PADA
MATERI HUKUM DASAR KIMIA**

Nama Mahasiswa

Risna Wahyuni Dongoran

Nomor Pokok Mahasiswa

2013023001

Program Studi

Pendidikan Kimia

Jurusan

Pendidikan MIPA

Fakultas

Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.

NIP 19860728 200812 2 001

Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.

NIP 19901206 201912 1 001

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua

Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.

Sekretaris

Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.

Penguji
Bukan Pembimbing

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Desember 2024

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Risna Wahyuni Dongoran
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023001
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA
Judul Skripsi : Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi pada Materi Hukum Dasar Kimia

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi.

Sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Bandar Lampung, 24 Desember 2024
Menyatakan



Risna Wahyuni Dongoran
NPM 2013023001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada 19 Oktober 2001, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Ali Napiah Dongoran dan Ibu Juliani. Pendidikan formal diawali di SD Negeri 2 Gunung Terang yang diselesaikan pada tahun 2014. Kemudian dilanjutkan ke pendidikan tingkat pertama di SMP Muhammadiyah 3 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2017. Pendidikan tingkat atas di SMK SMTI Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2020, dan pada tahun yang sama diterima menjadi mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, pernah aktif dalam organisasi internal kampus seperti Fosmaki Universitas Lampung, Himpunan Mahasiswa Eksakta dan UKM Penelitian Universitas Lampung. Pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan yaitu Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SMA N 1 Kasui dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di kelurahan Kasui Pasar pada tahun 2023.

PERSEMBAHAN



Segala puji bagi Allah, Sang Pemilik Kesempurnaan. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada suri tauladan kita, Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayangku kepada:

Kedua orangtuaku tercinta Bapak Ali Napiah Dongoran dan Ibu Juliani

Tiada kata yang mampu menggambarkan betapa berharganya kasih sayang dan pengorbanan kalian. Setiap pelukan, doa dan dukungan yang kalian berikan adalah sumber kekuatan disetiap langkahku. Dalam sunyi dan lelah, kalian adalah pelita yang tak pernah padam, menyinari jalanku dengan cinta yang tak pernah mengenal lelah. Keberhasilan ini hanyalah sebutir harapan kecil untuk membalas lautan kasih kalian, yang selalu mengalir tanpa ujung.

Abangku Rizki Muharram Dongoran, adikku Rahman Fauzan Dongoran

Kalian adalah tempatku pulang saat dunia terasa berat. Kehadiran kalian memberi warna di setiap fase perjalanan ini, menjadi sandaran saat hati terasa rapuh. Terima kasih telah menjadi penopang dalam diam dan pelipur di tengah badai. Kalian selalu menjadi semangat yang membuatku bertahan dan terus maju.

Keluarga Besar, Rekan, dan Sahabat

Terima kasih atas kehadiran, dukungan, dan semangat yang kalian berikan.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya"

(Q.S Al-Baqarah, 2: 286)

"Sukses adalah saat persiapan dan kesempatan bertemu."

(Bobby Unser)

"Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini. Tetap berjuang ya!"

(Penulis)

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi pada Materi Hukum Dasar Kimia” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak, penulis tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik dan saran selama proses perbaikan skripsi, sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Lampung.
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd, M.Sc., selaku pembimbing I, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan bimbingan, saran dan kritik serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik, sekaligus pembimbing II, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan bimbingan, saran dan kritik, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

6. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Pendidikan Kimia dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
7. Ibu Yeni Noviyani, S.Pd., selaku Kepala SMA N 1 Katibung yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian.
8. Bapak Ibu guru serta siswa kelas X Merdeka 4 dan X Merdeka 7 SMA N 1 Katibung yang telah memberikan banyak bantuan dan kerja samanya selama penelitian berlangsung.
9. Evi Hafrizah Pakpahan, S.E. Selaku bou tersayang penulis yang telah menjadi sosok penuh kasih, selalu peduli, dan setia mendukung setiap langkah penulis. Kehangatan dan motivasimu menjadi sumber semangat yang tak ternilai selama proses penyusunan skripsi.
10. Sahabat terbaik penulis Siti Salwa Khotijah, Umi Villia Putri dan Popy Adelia Putri yang selalu membersamai penulis selama kurang lebih 7 tahun dan memberikan dukungan, doa dan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan skripsi.
11. Sahabat seperjuanganku Anfasa Rizga Aprilia, Emilia Nafaza, Athifah Az Zahra, Choirul Anwar dan Erviantina yang telah memberikan semangat dan masukan serta bantuannya demi kelancaran penyelesaian skripsi.
12. Sahabat perkuliahan Ega Dwi Anggraini, Yulia Anggraini dan Bellia Nabila Reta yang selalu memberikan bantuan dan motivasi pada masa perkuliahan.
13. Teman-teman seperjuangan pendidikan kimia 2020.
14. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap Allah SWT memberikan balasan pahala dan kebaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dan semoga skripsi ini menjadi bermanfaat.

Bandar Lampung, 01 Desember 2024
Penulis,

Risna Wahyuni Dongoran

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat penelitian.....	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Representasi Kimia	7
B. Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia	9
C. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi Molekul.....	10
D. Pembelajaran <i>Discovery</i>	14
E. Penelitian Relevan.....	16
F. Kerangka Berpikir.....	17
G. Anggapan Dasar	21
H. Hipotesis	21
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	22
A. Populasi dan Sampel Penelitian	22
B. Desain Penelitian.....	22
C. Variabel Penelitian	23
D. Perangkat Penelitian.....	23
E. Instrumen Pengumpulan Data	23

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	24
G. Analisis Data.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Validitas, Reliabilitas dan Keberfungsian Distraktor.....	35
B. Analisis Data Kemampuan Translasi Antarlevel	37
C. Rata-Rata <i>N-Gain</i> Kemampuan Translasi Antarlevel	40
D. Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	41
E. Uji Ukuran Pengaruh (<i>Effect Size</i>)	42
F. Analisis Keterlaksanaan.....	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	71
Lampiran 1. Modul Ajar	72
Lampiran 2. LKPD Kelas Eksperimen	99
Lampiran 3. LKPD Kelas Kontrol	106
Lampiran 4. Kisi-Kisi Pilihan Jamak.....	111
Lampiran 5. Soal Pilihan Jamak	112
Lampiran 6. Rubrik Pilihan Jamak	118
Lampiran 7. Hasil Uji Coba Instrumen Soal.....	124
Lampiran 8. Hasil Uji Validitas, Reliabilitas Dan Distraktor	125
Lampiran 9. Data Pemeriksaan Jawaban Siswa.....	128
Lampiran 10. Data <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen Dan Kelas Kontrol	135
Lampiran 11. Hasil Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	137
Lampiran 12. Lembar Observasi Pembelajaran <i>Discovery</i>	139
Lampiran 13. Hasil Observasi Pembelajaran <i>Discovery</i>	142
Lampiran 14. Surat Izin Penelitian	149
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian.....	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga Level Representasi Kimia Menurut Johnstone (1991)	7
2. Tampilan Awal Website Simulasi PhET.....	12
3. Tampilan Simulasi <i>Reactants, Products, And Leftovers</i>	12
4. Tampilan Awal Simulasi Javalab.....	13
5. Tampilan Simulasi <i>Avogadro's Law</i>	14
6. Diagram Kerangka Berpikir	20
7. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	25
8. Tampilan Simulasi PhET	38
9. Tampilan Simulasi Javalab	38
10. Rata-Rata Nilai Pretes Dan Nilai Postes	39
11. <i>N-Gain</i> Rata-Rata Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Siswa.....	40
12. Persebaran <i>N-Gain</i> Kelas Kontrol Dan Eksperimen.....	41
13. Contoh Stimulasi Pada LKPD 1.....	44
14. Contoh Hasil Jawaban Siswa Pada Tahap Identifikasi Masalah.....	44
15. Hasil Percobaan 1 LKPD 1	45
16. Jawaban Tabel Pengamatan LKPD 1 Materi Hukum Kekekalan Massa.....	45
17. Jawaban Tabel Pengamatan LKPD 2 Materi Hukum Perbandingan Tetap	46
18. Jawaban Tabel Pengamatan LKPD 2 Materi Hukum Perbandingan	46
19. Soal Nomor 4 Hukum Kekekalan Massa	47
20. Soal Nomor 6 Hukum Perbandingan Tetap	47
21. Soal Nomor 3 Hukum Perbandingan Ganda.....	47
22. Soal Nomor 5 Hukum Kekekalan Massa	48
23. Soal Nomor 7 Hukum Perbandingan Tetap	48
24. Soal Nomor 5 Hukum Perbandingan Ganda.....	48
25. Rata-Rata Nilai Postes Dan Pretes Berdasarkan Indikator Pada.....	50

26. Soal Nomor 1 <i>Tier</i> 1 Dan 2	51
27. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 1 Siswa A	52
28. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 1 Siswa A	52
29. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 1 Siswa B	52
30. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 1 Siswa B	52
31. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 1 Siswa C	53
32. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 1 Siswa C	53
33. Soal Nomor 2 <i>Tier</i> 1 Dan 2	54
34. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 2 Siswa A	55
35. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 2 Siswa A	55
36. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 2 Siswa B	55
37. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 2 Siswa B	55
38. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 2 Siswa C	56
39. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 2 Siswa C	56
40. Soal Nomor 3 <i>Tier</i> 1 Dan 2	57
41. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 3 Siswa A	58
42. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 3 Siswa A	58
43. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 3 Siswa B	58
44. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 3 Siswa B	58
45. Contoh Jawaban Soal Pretes Nomor 3 Siswa C	59
46. Contoh Jawaban Soal Postes Nomor 3 Siswa C	59
47. Persentase Rata-Rata Keterlaksanaan Pembelajaran <i>Discovery</i> Berbasis	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Penelitian Relevan	16
2. <i>Pretest and Posttest Control Group Design</i>	22
3. Interpretasi Tingkat Kesukaran	27
4. Interpretasi Daya Pembeda	28
5. Kriteria Derajat Reliabilitas	28
6. Kriteria Rata-Rata <i>N-Gain</i>	30
7. Kriteria <i>Effect Size</i>	33
8. Kriteria Tafsiran Persentase Keterlaksanaan Model Pembelajaran.	34
9. Hasil Tingkat Kesukaran Instrumen Tes.....	35
10. Hasil Daya Pembeda	36
11. Hasil Koefisien Korelasi	36
12. Hasil Analisis Keberfungsian Distraktor	37
13. Hasil Uji Normalitas Kemampuan Translasi Antarlevel	42
14. Hasil Uji Pengaruh (<i>Effect Size</i>).....	43

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu kimia merupakan suatu ilmu yang mempelajari materi, perubahan serta energi yang menyertai perubahannya (Chang, 2005). Terdapat konsep-konsep dalam ilmu kimia yang bersifat abstrak dan tidak teramati (Stojanovska *et al.*, 2017). Konsep kimia yang bersifat abstrak menyebabkan peserta didik kesulitan dalam memahami konsep kimia karena peserta didik dituntut untuk mengkonstruksi hal-hal yang tidak dapat dilihat (Johnstone, 1991). Kesulitan siswa dalam memahami konsep dapat menimbulkan pemahaman yang salah, dan apabila pemahaman yang salah ini berlangsung secara konsisten akan menimbulkan terjadinya salah konsep (Nakhleh *et al.*, 1996). Karakteristik konsep kimia yang bersifat kompleks, abstrak dan saling berkaitan membuat penerapannya dalam kehidupan sehari-hari menjadi lebih sulit sehingga pembelajaran perlu direpresentasikan (Dunn, 2020).

Representasi adalah serangkaian kegiatan untuk mengkomunikasikan ulang pengetahuan yang diperoleh peserta didik ketika proses belajar (Sunyono, 2015). Terdapat tiga ranah representasi kimia yang digambarkan dalam segitiga sama sisi, dimana ketiganya setara dan saling melengkapi yaitu makroskopis, simbolik dan submikroskopik (Johnstone, 1991; Johnstone, 2000). Level makroskopik mengacu pada apa yang dapat diamati dan nyata, level submikroskopik mengacu pada apa yang terjadi pada tingkat molekuler dan level simbolik mengacu pada bagaimana suatu fenomena disimbolkan (Gkitzia *et al.*, 2011; Johnstone, 2000; Sanchez, 2021). Dari ketiganya tidak ada yang lebih unggul, tetapi masing-masing saling melengkapi (Johnstone, 2000; Johnstone, 2006). Siswa yang belum memahami satu level representasi kimia sering kali kesulitan dalam menghubungkan ketiga level tersebut, yang bisa menyebabkan kebingungan dan kesulitan dalam

menyelesaikan soal kimia (Sim & Daniel, 2014). Kesulitan ini membuat siswa cenderung hanya menghafal selama proses belajar, sehingga menghambat tercapainya pemahaman yang mendalam (Li & Arshad, 2014). Untuk memperoleh pemahaman konseptual kimia yang baik, dibutuhkan suatu kemampuan untuk memahami dan menghubungkan interaksi dari ketiga level representasi, yaitu kemampuan dalam mentransfer dan menghubungkan antara representasi makroskopik, simbolik dan submikroskopik (Permatasari *et al.*, 2022; Spitha *et al.*, 2024).

Terdapat beberapa keterampilan yang merupakan inti dari kurikulum substantif kemampuan representasi kimia menurut Kozma & Russell antara lain : kemampuan interpretasi makna, kemampuan translasi satu level, kemampuan translasi antarlevel dan sebagainya. Kemampuan translasi antarlevel representasi kimia, dapat dicapai apabila siswa mampu membuat hubungan antar berbagai representasi, memetakan fitur dari satu jenis representasi ke jenis representasi lain dan menjelaskan hubungan antar berbagai representasi (Kozma & Russell, 2005). Siswa dapat mentranslasikan antarlevel representasi dengan cara mengaitkan ketiga representasi sehingga dapat mengubah satu level ke level lainnya dengan pemahaman konsep yang dimiliki (Heitzman & Krajcik, 2005). Adanya keterkaitan antarlevel representasi, para peneliti menjelaskan bahwa pemahaman konsep meningkat karena keterlibatan *multiple* representasi dalam pembelajaran kimia (Sunyono & Meristin, 2018; Widarti *et al.*, 2019; Indriyanti *et al.*, 2020). Pemahaman konsep peserta didik dapat meningkat karena *multiple* representasi menjadi jembatan bagi peserta didik untuk memahami konsep-konsep abstrak dalam kimia yang memerlukan gambaran (Wiyarsi *et al.*, 2018; Widarti *et al.*, 2019). Pembelajaran kimia yang menyoroti tiga tingkat representasi kimia membantu peserta didik melihat hubungan antara ketiga tingkat representasi tersebut untuk memahami konsep dengan lebih baik. Ketika peserta didik memahami konsep dengan baik, energi yang diperlukan oleh siswa untuk memahami atau memproses informasi saat mengerjakan soal berkurang, sehingga kinerja (prestasi atau hasil belajar) mereka dapat meningkat (Priyasmika, 2021; Mukama & Byukusenge, 2023). Pemahaman yang baik terhadap konsep juga meningkatkan *self-efficacy* peserta didik (Tima & Sutrisno, 2018). *Self-efficacy* dapat diartikan sebagai rasa percaya diri peserta

didik dalam mengerjakan soal. *Multiple* representasi memungkinkan peserta didik membangun pemahaman konsep yang lebih dalam dan terstruktur, sehingga struktur kognitif peserta didik menjadi lebih baik (Derman & Ebenezer, 2020).

Kenyataannya, Pembelajaran kimia di sekolah hingga saat ini pun umumnya hanya melibatkan dua level representasi yaitu makroskopik dan simbolik, sedangkan level submikroskopik seringkali ditinggalkan. Jika dilibatkan dalam pembelajaran pun, level submikroskopik dipelajari secara terpisah pada materi-materi tertentu, misalnya pada materi bentuk-bentuk molekul (Nastiti et al., 2012). Guru paling sering menggunakan tingkat representasi simbolik dalam pengajaran kimia (Chittleborough *et al.*, 2002), karena representasi simbolik mendominasi dalam buku teks (Chen *et al.*, 2019; Chlumecká, 2021; Krumlová, 2022). Oleh karena itu, penerapan representasi submikroskopis sering diabaikan (Kern *et al.*, 2010). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal kimia, terutama karena keterbatasan mereka dalam memvisualisasikan struktur dan proses yang terjadi pada tingkat submikroskopik serta menghubungkannya dengan fenomena di tingkat makroskopik dan simbolik (Sunyono & Sudjarwo, 2018).

Hasil-hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil wawancara di sekolah. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru mata pelajaran kimia kelas X SMAN 1 Katibung, model pembelajaran yang diterapkan adalah model pembelajaran konvensional dengan metode ceramah. Guru memaparkan bahwa dalam pembelajaran kimia khususnya materi hukum dasar kimia representasi yang digunakan selama pembelajaran cenderung berfokus pada representasi makroskopik dan simbolik, pembelajaran tidak menghubungkan dengan fenomena pada representasi submikroskopis. Representasi submikroskopis pernah dilibatkan tetapi pada materi tertentu seperti ikatan kimia yang disajikan dalam bentuk video dari youtube. Pembelajaran kimia yang hanya difokuskan pada algoritma akan menghasilkan kurangnya pemahaman konsep (Dahsah & Coll, 2008). Faktanya guru kimia kelas X di SMAN 1 Katibung belum maksimal dalam melibatkan 3 ranah representasi kimia secara bersama-sama pada saat pembelajaran. Tanpa adanya integrasi dari tiga level representasi kimia, tentu kemampuan translasi antarlevel representasi

kimia siswa juga menjadi kurang terlatih. Pembelajaran kimia yang ideal harus mencakup ketiga level representasi dan hubungan antar ketiganya (Jaber & Boujaoude, 2012; Talanquer, 2011; Johnstone 2006, 2000, 1991). Apabila pembelajaran kimia tidak dilaksanakan secara ideal maka dapat berakibat buruk terhadap proses konstruksi pengetahuan konseptual peserta didik (Sunyono, 2015).

Solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan representasi, khususnya kemampuan translasi antarlevel representasi adalah pembelajaran berbasis visualisasi. Visualisasi adalah salah satu cara untuk mengkonkretkan konsep abstrak, sehingga memudahkan siswa dalam memahaminya (Fadiawati, 2012). Visualisasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu statis dan dinamis. Visualisasi statis berupa gambar, grafik, atau bagan yang tidak bergerak, sedangkan visualisasi dinamis berupa simulasi atau animasi yang menunjukkan proses secara koheren untuk meningkatkan pemahaman siswa (Suyatna et al., 2017). Visualisasi dinamis lebih efektif daripada visualisasi statis dalam menjelaskan perubahan materi dan interaksi partikel pada level molekuler (Ardac & Akaygun, 2005). Namun, visualisasi statis memiliki kelemahan karena tidak dapat menampilkan dinamika dan interaksi partikel, sehingga siswa perlu kemampuan untuk menginterpretasikan dinamika berdasarkan informasi statis yang tersedia (Chiu & Linn, 2014; Ardac & Akaygun, 2005).

Pada penelitian ini, simulasi molekul yang digunakan adalah Javalab yang dikembangkan oleh Lee Dong-Jun dan simulasi PhET yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari *University of Colorado Boulder* di Amerika Serikat. PhET terdiri lebih dari 30 interaktif simulasi untuk proses belajar mengajar kimia yang berpotensi meningkatkan kemampuan representasi kimia siswa terutama level submikroskopik (Moore *et al.*, 2014; Ndagijimana *et al.*, 2024). Penggunaan simulasi molekul dalam pembelajaran memerlukan instruksi yang tepat dari guru agar siswa dapat fokus dan mengkonstruksi pengetahuannya (Stieff, 2011). Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan dengan mengintegrasikan simulasi molekul adalah model pembelajaran *discovery*. Pembelajaran *discovery* mencakup model instruksional dan strategi yang berfokus pada keaktifan dan kesempatan belajar bagi siswa (Castronova, 2002). Tahapan dalam model pembelajaran

discovery adalah *Stimulation* (pemberian rangsangan), *Problem Statement* (identifikasi masalah), *Data collection* (pengumpulan data), *Data Processing* (pengolahan data), *Verification* (pembuktian) dan *Generalization* (menarik kesimpulan) (Bruner, 1961). Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Pada Materi Hukum Dasar Kimia”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi pada materi hukum dasar kimia?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mendeskripsikan efektivitas pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi pada materi hukum dasar kimia.

D. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Para Siswa

Mendapatkan pengalaman belajar yang melibatkan simulasi molekul. Hal ini akan memperkaya pemahaman mereka terhadap hubungan antarlevel representasi pada hukum dasar kimia.

2. Para Guru

Mendapatkan referensi model pembelajaran untuk memfasilitasi siswa pada materi hukum dasar kimia dengan representasi yang lebih baik.

3. Sekolah

Meningkatkan kualitas pembelajaran pada materi hukum dasar kimia dalam upaya peningkatan mutu pembelajaran kimia.

4. Peneliti lain

Dapat dijadikan referensi atau rujukan oleh peneliti lain dalam mengkaji penelitian yang sama

E. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mencegah adanya kesalahpahaman terhadap penelitian ini, maka diberikan ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

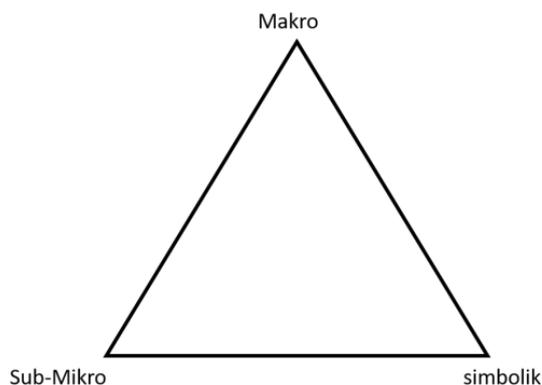
1. Pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dikatakan efektif apabila nilai *n-gain* rata-rata kelas eksperimen minimal berkategori sedang dan lebih tinggi daripada *n-gain* kelas kontrol, dengan perbedaan yang signifikan antara rata-rata *n-gain* kelas eksperimen dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol.
2. Model pembelajaran *discovery* terdiri dari 6 tahap yaitu *Stimulation*, *Problem Statement*, *Data collection*, *Data Processing*, *Verification* dan *Generalization* (Bruner, 1961).
3. Simulasi molekul yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *The Physics Educations Technology (PhET)* <https://PhET.colorado.edu/> dan website javalab diakses melalui <https://javalab.org/>.
4. Indikator kemampuan translasi antarlevel representasi kimia pada penelitian ini merujuk kompetensi representasional menurut Kozma & Russel (2005), yaitu, membuat hubungan antar berbagai representasi, memetakan fitur dari satu jenis representasi ke jenis representasi lain dan menjelaskan hubungan antar berbagai representasi.
5. Cakupan materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah hukum dasar kimia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Representasi Kimia

Representasi adalah serangkaian kegiatan untuk mengkomunikasikan ulang pengetahuan yang diperoleh peserta didik ketika proses belajar. Mengkomunikasikan kembali pengetahuan yang telah diperoleh dengan menggunakan beberapa cara disebut dengan *multipel* representasi (Sunyono *et al.*, 2015). Sejalan dengan pernyataan tersebut Fadiawati & Fauzi (2018) mendefinisikan *multipel* representasi sebagai salah satu cara yang digunakan untuk memaparkan ulang suatu konsep yang telah diperoleh melalui berbagai bentuk seperti verbal, gambar, grafik dan matematik.

Representasi kimia terbagi kedalam tiga level representasi yang berbeda yaitu level makroskopis, submikroskopis dan simbolik. Ketiga level representasi tersebut saling berhubungan dan berkontribusi sehingga siswa dapat memahami dan mengerti materi kimia yang abstrak (Johnstone,1991). Ketiga level representasi kimia tersebut dapat dihubungkan seperti pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1 Tiga Level Representasi Kimia Menurut Johnstone (1991)
Sumber: Johnstone (1991)

Adapun penjelasan dari ketiga jenis level representasi tersebut adalah sebagai berikut:

a. Representasi Makroskopis

Representasi makroskopis adalah representasi yang diperoleh melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari peserta didik (Johnstone, 1993). Contoh : terjadinya perubahan warna, suhu, pH larutan, pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi ketika suatu reaksi berlangsung (Sunyono, 2015).

b. Representasi Submikroskopis

Representasi submikroskopis merupakan representasi kimia yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom atau molekular) terhadap fenomena makroskopis yang diamati. Penggunaan istilah submikroskopis merujuk pada level ukuran yang direpresentasikannya lebih kecil dari level makroskopis. Mode representasi pada level ini diekspresikan menggunakan teknologi komputer, yaitu menggunakan kata-kata, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi baik diam maupun bergerak (animasi) atau simulasi (Sunyono, 2015).

c. Representasi Simbolik

Representasi simbolik adalah representasi secara kualitatif dan kuantitatif. Contoh : rumus matematik, rumus kimia, diagram, tabel, persamaan reaksi, dan perhitungan matematik (Johnstone, 1993).

Jika peserta didik dapat memahami masing-masing peran ketiga level fenomena sains tersebut, mereka akan dapat mentransfer pengetahuan melalui interkoneksi antara satu level ke level yang lain, yang berarti peserta didik dapat memperoleh pengetahuan konseptual yang diperlukan dalam memecahkan masalah (Sunyono, 2015). Pengetahuan konseptual merupakan satu bagian esensial yang harus dimiliki oleh peserta didik ketika mempelajari konsep sains yang harus tersimpan dalam memori jangka panjang dan mudah diakses kembali untuk memecahkan masalah. Agar pengetahuan yang diperoleh peserta didik masuk ke dalam memori jangka panjang, peserta didik harus didorong agar menggunakan model mentalnya dalam

menghubungkan ketiga level fenomena sains tersebut. Menurut Johnstone (2006), ketiga level fenomena tersebut saling berhubungan dan ketiganya memberikan kontribusi yang besar terhadap perkembangan model mental peserta didik dalam membangun makna dan pemahaman konseptual.

B. Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia

Kompetensi representasional adalah kemampuan memecahkan suatu masalah kimia yang berhubungan dengan representasi kimia yang mencakup berbagai keterampilan dan praktik (Sim & Daniel, 2014). Ketika berbicara tentang kemampuan representasi kimia, kita merujuk pada kemampuan seseorang untuk secara reflektif menggunakan berbagai representasi atau visualisasi, menyatukannya, berpikir, mengkomunikasikan, dan bertindak terhadap fenomena kimia. Hal ini melibatkan persepsi terhadap entitas fisik dan proses kimia (Kozma & Russell, 2005).

Tujuh kemampuan (*skills*) dalam pembelajaran representasi menurut Kozma & Russell (2005), yaitu :

- 1) Kemampuan menggunakan representasi untuk memaparkan fenomena kimia yang dapat diamati dalam suatu entitas dan proses molekuler yang mendasarinya.
- 2) Kemampuan untuk memproduksi atau memilih representasi dan menjelaskan alasan representasi tersebut sesuai untuk tujuan tertentu.
- 3) Kemampuan menggunakan kata – kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis ciri – ciri tertentu representasi (seperti grafik koordinat) dan pola fitur (perilaku molekul dalam animasi).
- 4) Kemampuan untuk mendeskripsikan representasi yang berbeda dapat mengatakan hal yang sama dengan cara yang berbeda dan menjelaskan cara satu representasi dapat mengatakan sesuatu berbeda atau sesuatu yang tidak dapat dijelaskan oleh orang lain.
- 5) Kemampuan untuk membuat hubungan antar representasi yang berbeda, untuk memetakan fitur dari satu jenis representasi ke representasi lainnya, dan untuk menjelaskan hubungan di antara mereka.

- 6) Kemampuan untuk mengambil posisi epistemologis yang sesuai dengan representasi namun berbeda dengan fenomena yang diamati.
- 7) Kemampuan menggunakan representasi dan ciri – cirinya dalam situasi sosial sebagai bukti untuk mendukung klaim, menarik kesimpulan, dan membuat prediksi tentang fenomena kimia yang diamati.

(Kozma & Russell,2005)

Kompetensi representasional mencakup berbagai macam keterampilan. Salah satu keterampilan penting dalam kompetensi ini adalah kemampuan translasi antar-level representasi kimia (Sim & Daniel, 2014). Keterampilan ini melibatkan kemampuan untuk berpindah dengan mudah antara dua dari tiga level representasi kimia, seperti makroskopik ke submikroskopik, makroskopik ke simbolik, atau submikroskopik ke simbolik, yang diperlukan untuk menalar dan memecahkan masalah dalam kimia (Treagust et al., 2003). Kemampuan ini memungkinkan seseorang untuk mengonversi informasi dari satu level representasi ke level lainnya, sehingga membantu pemahaman konsep kimia secara lebih mendalam (Permatasari et al., 2022). Salah satu jenis dari kemampuan representasi adalah kemampuan trans-lasi antarlevel representasi kimia. Kemampuan translasi antar-level representasi kimia dapat tercapai apabila individu mampu untuk membuat hubungan antar berbagai representasi dan menjelaskan hubungan antar berbagai representasi (Kozma & Russel, 2005).

C. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi Molekul

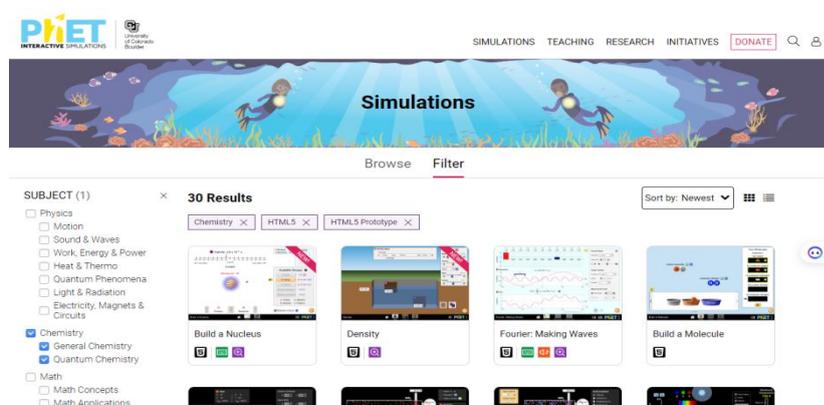
Animasi berbasis simulasi merupakan media pembelajaran yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan molekul. Pembelajaran berbasis simulasi molekul dapat dijadikan sebagai sumber yang menarik dan efektif dalam belajar, tetapi harus dirancang dan disajikan dengan sangat hati-hati guna mendorong siswa tetap fokus dan menghindari banyaknya kesalahpahaman (Tasker & Dalton, 2006). Alat-alat teknologi yang mengintegrasikan multiple representasi dapat memberikan kesempatan siswa untuk memvisualisasikan kimia dan meningkatkan pemahaman konseptual (Kozma & Russel, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian (Kozma, 2000; Ardac & Akaygun, 2004) menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media berbasis komputer sangat efektif dalam membantu siswa memperoleh pemahaman yang mendalam tentang fenomena kimia. Dalam konteks ini, ketika siswa menghadapi simbol-simbol dan persamaan kimia, mereka sering mengalami kesulitan dalam menggambarkan dan memahami sifat partikulat dari materi yang direpresentasikan oleh simbol-simbol tersebut (Gkitzia *et al.*, 2011). Ketika materi kimia dijelaskan melalui visualisasi menggunakan animasi dan simulasi molekul, hal ini dapat secara substansial membantu dalam mengembangkan imajinasi serta memfasilitasi pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia yang kompleks dan sulit dipahami (Kozma & Russell, 2005). Oleh karena itu, keberadaan visualisasi yang kaya dalam simulasi molekul dan atom dapat memberikan dukungan yang signifikan bagi siswa dalam memahami fenomena kimia dan interaksinya (Dunn, 2020).

Simulasi interaktif menyediakan akses dinamis dalam berbagai tingkat representasi, mampu membuat yang tidak dapat diamati oleh mata menjadi terlihat, simulasi juga menarik dan menyenangkan bagi siswa dan guru (Moore *et al.*, 2014). Kozma & Russell (2005) juga berpendapat bahwa simulasi dapat digunakan untuk mengeksplorasi proses kimia guna mendapatkan penjelasan konsep yang mendasarinya. Dengan menggunakan simulasi molekul, maka akan memudahkan kita dalam mengamati perilaku molekul terutama dalam level submikroskopik. Oleh karena itu, terdapat upaya yang diperlukan untuk mengkonkretkan konsep-konsep kimia yang abstrak, dan salah satu cara yang efektif adalah melalui penggunaan simulasi molekuler (Saputra *et al.*, 2020). Simulasi molekul yang digunakan dalam penelitian ini adalah PhET *Simulation* dan JavaLab.

PhET (Physic Education Technology) Simulations Interactive merupakan media pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi dikembangkan oleh Universitas Colorado. PhET dapat menampilkan gambaran partikel-partikel kimia yang abstrak dalam bentuk simulasi interaktif. *University of Colorado Boulder* telah mengembangkan PhET lebih dari 30 simulasi interaktif untuk proses belajar mengajar kimia. Simulasi *PhET* menyediakan akses dinamis ke beberapa representasi dan dapat diakses secara online disitus

<https://phet.colorado.edu>. Simulasi ini dirancang secara fleksibel untuk menyesuaikan dengan lingkungan pengajaran (Moore *et al.*, 2014). Tampilan awal website simulasi PhET dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Tampilan awal website simulasi PhET
Sumber : PhET Simulation. (n.d.). <https://phet.colorado.edu>

Penemuan dari PhET akan berguna bagi para pelajar kimia karena simulasi komputer termasuk efektif dalam mengajar kimia yang bersifat abstrak. Hal ini dapat membantu peserta didik untuk mempelajari konsep dasar kimia secara individu dengan akses ke perangkat lunak simulasi komputer (Nkemakolam *et al.*, 2018). Simulasi PhET yang akan digunakan pada penelitian untuk menjelaskan materi hukum dasar kimia adalah simulasi yang berjudul “*Reactants, Products, and Leftovers*” yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/en/simulations/reactants-products-and-leftovers>.

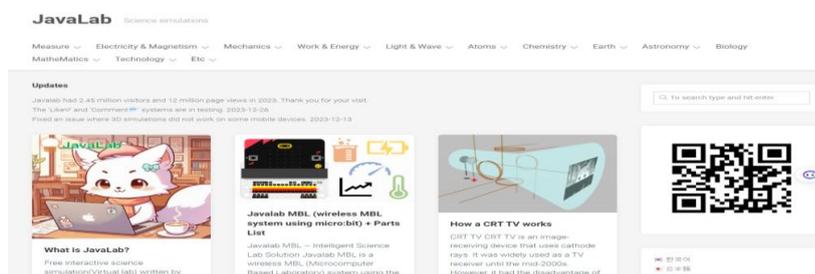
Tampilan dari simulasi *Reactants, Products, and Leftovers* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Tampilan simulasi *Reactants, Products, and Leftovers*
Sumber : PhET Simulation. (n.d.). <https://phet.colorado.edu>

Simulasi ini digunakan untuk menjelaskan hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, hukum perbandingan ganda, dan hukum perbandingan volume. PhET Simulation menyediakan tiga opsi: *sandwiches*, *molecules*, dan *game*, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, mulai dari jenis reaksi, jumlah molekul reaktan dan produk, hingga opsi *custom*. Dalam penelitian ini, opsi yang digunakan adalah *sandwiches* dan *molecules*. PhET Simulation menampilkan data jumlah molekul dalam bilangan bulat untuk setiap reaksi, sehingga pengamatan menjadi lebih detail dan mudah dipahami karena menyediakan representasi submikroskopik dan simbolik secara bersamaan (Rahmawati et al., 2022). Dengan demikian, siswa dapat menghubungkan pemahaman submikroskopik dan simbolik yang sebelumnya sulit mereka kuasai (Niroj & Srisawasdi, 2014).

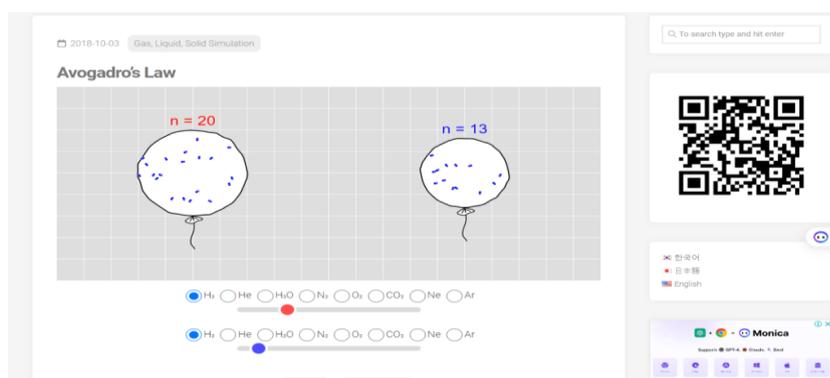
Simulasi kedua yang digunakan adalah JavaLab. JavaLab merupakan sebuah perangkat lunak pendidikan yang dirancang untuk menyajikan simulasi fenomena fisika yang relevan dengan perkembangan teknologi pendidikan. Tujuannya adalah memberikan pengalaman pembelajaran melalui simulasi dalam berbagai disiplin ilmu, seperti fisika, kimia, astronomi, geologi, matematika, biologi, dan ilmu lainnya, melalui penggunaan laboratorium virtual. Simulasi javalab berbentuk animasi interaktif yang disusun mirip dengan permainan sehingga dapat meningkatkan minat siswa melalui eksplorasi. Simulasi ini memberikan kemudahan pada pengguna dalam mengeksplorasi melalui online yang dapat diakses melalui situs resminya di <https://javalab.org/en/>. Tampilan awal simulasi javalab dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Tampilan awal simulasi Javalab
Sumber : Javalab. (n.d.). <https://javalab.org/en/>

Eksperimen yang disajikan di sini memiliki keterkaitan yang kuat dengan Riset dan Pengembangan (DR) karena hasilnya dapat segera dan mudah diperiksa.

Dalam sebuah makalah yang berisi konten STEAM untuk eksperimen ilmiah di sekolah menengah, aplikasi yang dibuat menggunakan teknologi Realitas Virtual (VR) memungkinkan siswa berinteraksi dengan aplikasi itu sendiri dan melakukan eks-perimen dalam lingkungan virtual untuk mendapatkan umpan balik instan (Lee *et al.*, 2019). Simulasi javalab dapat digunakan untuk menjelaskan salah satu hukum dasar kimia yakni hipotesis avogadro yang dibantu pada simulasi yang berjudul “*Avogadro’s Law*” tampilannya dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Tampilan simulasi *Avogadro's law*

Sumber : Javalab. (n.d.). <https://javalab.org/en/>

Siswa dapat melihat tampilan submikroskopik secara konkrit dari molekul yang ada di kehidupan nyata. Pengguna dapat mengatur jenis molekul dan jumlah molekul yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Simulasi javalab mampu meningkatkan kemampuan representasi siswa karena dapat menghubungkan representasi submikroskopik dan simbolis yang ada pada simulasi. Melalui pembelajaran berbasis simulasi molekul ini, diharapkan siswa mampu memiliki kemampuan translasi antarlevel representasi kimia untuk memahami konsep hukum dasar kimia.

D. Pembelajaran *Discovery*

Model pembelajaran *discovery* pertama kali diperkenalkan oleh Jerome Bruner yang menekankan bahwa pembelajaran harus dapat mendorong peserta didik untuk mempelajari apa yang sudah dimiliki. Menurut Bruner pembelajaran *discovery* adalah pembelajaran yang menempatkan siswa dengan suatu masalah sehingga siswa dapat menemukan solusi untuk memecahkan masalah tersebut

(Bruner, 1977). Hosnan (2014) mendefinisikan model ini sebagai model pembelajaran konstruktivisme yang bertujuan untuk menciptakan susana belajar aktif dengan mengarahkan siswa untuk menemukan konsep, informasi, dan mampu memecahkan masalah yang dihadapinya (Fauzi, 2019).

Pembelajaran *discovery* adalah contoh konteks pembelajaran yang memenuhi proses konstruksi pengetahuan. Menurut De Jong *et al.*, (1998) pendekatan ini dapat mendukung siswa dalam mengembangkan pemahaman mereka berdasarkan informasi serta data yang mereka kumpulkan melalui pengalaman belajar yang melibatkan eksplorasi. Model pembelajaran *discovery* menghasilkan perubahan cara belajar berlangsung, dengan mengubah peran guru yang sebelumnya mendominasi proses pembelajaran menjadi suatu proses dimana siswa terlibat aktif dalam menghasilkan hipotesis dan eksplorasi (Swaak *et al.*, 2004).

Tahapan model pembelajaran *discovery* yang dikemukakan oleh Bruner (1961) sebagai berikut:

1. *Stimulation* (Pemberian Rangsangan)

Tahap pertama, siswa diberikan rangsangan yang memicu kebingungan mereka. Tujuan stimulasi adalah untuk menciptakan kondisi belajar yang mampu merangsang pemahaman serta mempermudah eksplorasi materi oleh siswa

2. *Problem Statement* (Identifikasi Masalah)

Siswa diberikan kesempatan oleh guru untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin permasalahan yang relevan sehubungan dengan materi yang diajarkan. Dari beragam permasalahan tersebut, siswa akan memilih salah satunya dan merumuskannya menjadi sebuah hipotesis

3. *Data Collection* (Pengumpulan Data)

Siswa juga memiliki kesempatan untuk menghimpun informasi yang relevan guna mendukung atau menguji kebenaran hipotesis mereka. Tujuan dari tahap ini ialah menjawab pertanyaan atau menguji validitas hipotesis yang telah dibuat

4. *Data Processing* (Pengolahan Data)

Informasi yang dikumpulkan oleh siswa ditafsirkan dan diolah dengan tingkat kepercayaan diri yang sesuai

5. *Verification* (Pembuktian)

Siswa dengan hati-hati memeriksa hipotesis yang ditetapkan dan mencari alternatif yang relevan dengan hasil pengolahan data untuk membuktikan validitasnya

6. *Generalization* (Menarik Kesimpulan)

Tahap proses menyusun kesimpulan yang bisa diterapkan secara umum sebagai prinsip yang berlaku untuk segala situasi atau masalah serupa dengan mengacu dan mempertimbangkan hasil pembuktian

Model pembelajaran *discovery* memiliki beberapa keuntungan signifikansi yakni kemampuannya untuk memotivasi siswa (Mabie & Baker, 1996). Alasannya karena pembelajaran *discovery* dapat memungkinkan siswa untuk mencari informasi sehingga memberikan kesempatan siswa mengeksplorasi keingintahuannya, sehingga hasil belajar yang didapat selalu diingat (Fahmi *et al.*, 2019). Metode ini bermanfaat bagi guru untuk meningkatkan keaktifan dan berpikir kritis siswa (Arnaz & Adnan, 2021).

E. Penelitian Relevan

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh pembelajaran kimia berbasis simulasi molekul untuk meningkatkan kompetensi representasional kimia siswa. Berikut merupakan beberapa hasil penelitian yang relevan yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Spitha <i>et al.</i> , (2024)	<i>Supporting submicroscopic reasoning in students' explanations of absorption phenomena using a simulation-based activity</i>	Pembelajaran laboratorium menggunakan <i>Beer–Lambert Simulation (BLSim)</i> untuk menjelaskan fenomena penyerapan mampu menggambarkan hubungan antara domain submikroskopik, makroskopis, dan simbolik untuk dimanfaatkan dalam penjelasan yang lebih bermakna.

No	Peneliti	Judul	Hasil
2.	Ndagijimana <i>et al.</i> , (2024)	<i>Contribution of an instructional module incorporating PhET simulations to Rwandan students' knowledge of chemical reactions, acids, and bases through social interactions</i>	Penggunaan simulasi PhET meningkatkan pemahaman siswa serta membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas dalam belajar kimia.
3.	Mukama & Byukusenge (2023)	<i>Supporting Student Active Engagement in Chemistry Learning with Computer Simulations</i>	Simulasi komputer terbukti membantu siswa membangun koneksi multisensori dengan konsep-konsep abstrak dalam kimia, sehingga proses belajar menjadi lebih interaktif dan menyenangkan.
4.	Rahmawati <i>et al.</i> , (2022)	<i>Students' Conceptual Understanding In Chemistry Learning Using Phet Interactive Simulations</i>	Penggunaan simulasi interaktif PhET dalam pembelajaran kimia secara signifikan meningkatkan pemahaman konseptual siswa serta meningkatkan keterlibatan siswa dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif.
5.	Sanchez (2021)	<i>Understanding of Kinetic Molecular Theory of Gases in Three Modes of Representation among Tenth-Grade Students in Chemistry</i>	Pembelajaran dengan Pendekatan Makro-Mikro-Symbol Terpadu (IMMSA – <i>Integrated Macro-Micro-Symbol-Approach</i>) pada materi Teori Kinetik Molekuler gas mampu meningkatkan pemahaman siswa pada tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik.

F. Kerangka Berpikir

Pemahaman representasi kimia merupakan salah satu kemampuan penting dalam pembelajaran kimia, mengingat konsep kimia yang seringkali abstrak dan tidak dapat dipahami secara langsung oleh siswa. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif untuk meningkatkan pemahaman terhadap konsep-konsep ini adalah pembelajaran berbasis *multiple representations* (Sunyono & Meristin, 2018).

Untuk itu, siswa perlu menguasai tiga level representasi, yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, serta memiliki kompetensi representasional yang memungkinkan mereka menghubungkan ketiga level ini melalui kemampuan translasi antarlevel. Namun, dalam praktik pembelajaran, terutama pada materi hukum dasar kimia, sering kali ketiga level representasi tidak digunakan secara seimbang, terutama level submikroskopik, yang menyebabkan kesulitan bagi siswa dalam menyelesaikan soal-soal kimia. Hal ini disebabkan keterbatasan mereka dalam memvisualisasikan struktur dan proses di tingkat submikroskopik serta menghubungkannya dengan fenomena pada level makroskopik dan simbolik (Sunnyono & Sudjarwo, 2018).

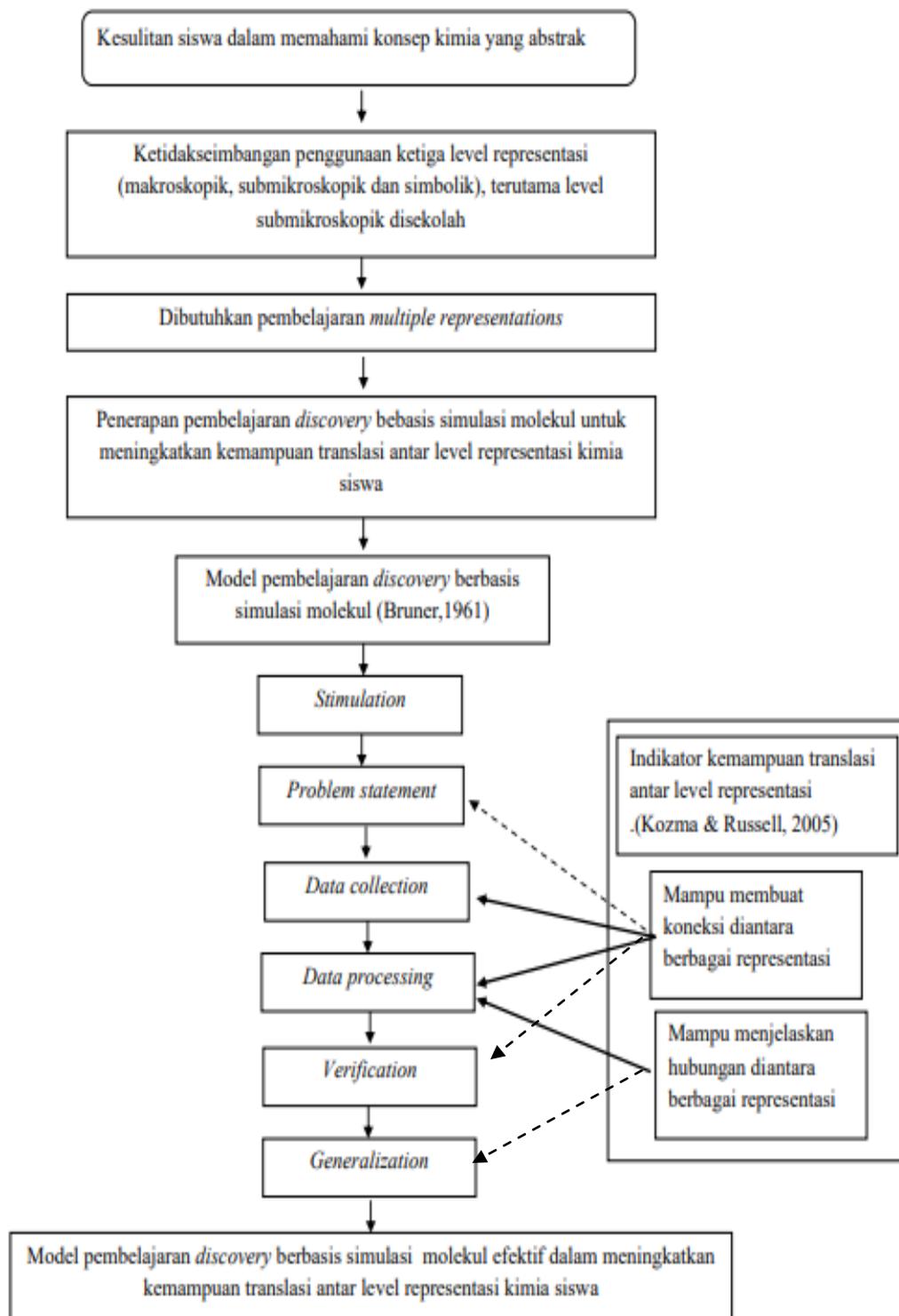
Sebagai solusi, pembelajaran berbasis simulasi molekul dapat diterapkan untuk membantu siswa mengeksplorasi hubungan antarlevel representasi secara visual dan interaktif. Simulasi molekul ini memungkinkan siswa memperkuat keterampilan mereka dalam memahami konsep abstrak, khususnya dengan memvisualisasikan proses kimia pada level submikroskopik. Melalui pendekatan ini, siswa dapat dilatih untuk mengoptimalkan kemampuan representasional mereka, yang pada gilirannya mempermudah pemahaman terhadap hukum dasar kimia dan konsep-konsep kimia lainnya yang lebih kompleks.

Dalam penelitian ini, pembelajaran berbasis simulasi molekul diterapkan menggunakan pendekatan pembelajaran *discovery* yang didukung oleh simulasi dari PhET dan JavaLab. Model pembelajaran *discovery* dirancang untuk mendorong siswa secara aktif menyelidiki dan menemukan solusi terhadap permasalahan, sehingga mereka dapat membangun pemahaman secara mandiri. Model ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa, yang mencakup pemahaman hubungan antara representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Model pembelajaran ini terdiri dari beberapa tahapan: stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan generalisasi.

Pada tahap stimulasi, siswa diberikan fenomena seperti pembakaran kayu untuk menjelaskan hukum kekekalan massa, dengan tujuan membangun rasa ingin tahu

mereka terhadap materi. Di tahap identifikasi masalah, siswa mengidentifikasi permasalahan dari fenomena tersebut dan merumuskan hipotesis. Pada tahap pengumpulan data, siswa melakukan pengamatan menggunakan simulasi molekul PhET, misalnya untuk mengamati hukum kekekalan massa melalui perbandingan massa reaktan dan produk. Kemampuan translasi antarlevel representasi mulai dilatih di sini, dengan siswa menghubungkan fenomena yang diamati pada level submikroskopik dengan representasi simbolik. Selanjutnya, pada tahap pengolahan data, siswa menganalisis hasil pengamatannya dengan pertanyaan-pertanyaan di LKPD, serta memperkuat kemampuan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Tahap verifikasi memastikan kebenaran data yang dikumpulkan, sementara pada tahap generalisasi, siswa menarik kesimpulan berdasarkan analisis yang telah dilakukan, misalnya mengenai hukum kekekalan massa.

Melalui tahapan-tahapan ini, kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa dapat berkembang secara signifikan. Pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul menawarkan pendekatan visual dan interaktif yang mempermudah pemahaman konsep kimia yang kompleks. Dengan demikian, siswa diharapkan dapat meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi pada materi hukum dasar kimia.



Gambar 6. Diagram Kerangka Berpikir

G. Anggapan Dasar

Penelitian ini mempunyai anggapan dasar sebagai berikut:

- a. Siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen memiliki kemampuan awal representasi kimia yang hampir sama.
- b. Perbedaan *n-gain* kemampuan translasi antarlevel terjadi karena perbedaan perlakuan pembelajaran, pada kelas eksperimen dan kontrol dimana kelas kontrol menerapkan model pembelajaran *discovery* sementara kelas eksperimen menerapkan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul.
- c. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi peningkatan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia pada siswa diabaikan.

H. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, hipotesis dalam penelitian ini yaitu pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi siswa pada materi hukum dasar kimia.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMAN 1 Katibung. Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMAN 1 Katibung kabupaten Lampung Selatan tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 238 murid dan tersebar dalam 7 kelas. Penelitian menggunakan teknik *cluster random sampling* dengan kelas X merdeka 4 yang berjumlah 31 siswa sebagai kelompok eksperimen dan kelas X merdeka 7 yang berjumlah 31 siswa sebagai kelompok kontrol.

B. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Quasi Experimental Design* atau eksperimen semu dengan bentuk desain penelitian ini berupa *Pre-Test and Post-Test Control Group Design* yakni pada pengukuran pertama diberikan pretes (sebelum perlakuan) dan pengukuran kedua diberikan postes (setelah perlakuan). Pola desain penelitian menurut Fraenkel *et al.*, 2012 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. *Pretest and Posttest Control Group Design*

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

(Fraenkel *et al.*, 2012)

Keterangan :

O_1 : Instrumen tes (soal) yang diberikan sebelum perlakuan

O_2 : Instrumen tes (soal) yang diberikan setelah perlakuan

X_1 : Pembelajaran menggunakan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul

C : Pembelajaran menggunakan model *discovery*

Kelas kontrol mendapat perlakuan menggunakan model pembelajaran *discovery*, sementara kelas eksperimen mendapat perlakuan menggunakan model pembelajaran *discovery* yang didukung oleh simulasi molekul.

C. Variabel Penelitian

Penelitian ini melibatkan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya adalah penggunaan model pembelajaran. Model pembelajaran yang digunakan adalah penerapan pembelajaran *discovery* yang didukung oleh simulasi molekul untuk kelas eksperimen dan pembelajaran *discovery* tanpa berbasissimulasi molekul untuk kelas kontrol. Variabel terikatnya adalah kemampuan translasi antar-level representasi pada murid kelas X merdeka 4 dan X merdeka 7 di SMAN 1 Katibung Tahun Ajaran 2024/2025.

D. Perangkat Penelitian

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul ajar yang sesuai standar kurikulum merdeka materi hukum dasar kimia, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan kisi-kisi dan rubrik penilaian soal pretes dan postes.

E. Instrumen Pengumpulan Data

Adapun instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah soal pretes dan postes serta lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul.

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Tahap Pendahuluan

- a. Studi literatur bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai konteks, teori dan metodologi yang relevan dengan penelitian.
- b. Pelaksanakan observasi dan wawancara yang bertujuan untuk memperoleh data jumlah keseluruhan kelas X, data siswa, karakteristik siswa, metode yang digunakan guru untuk mengajar, jadwal pelajaran, sarana dan prasarana yang terdapat di sekolah dalam mendukung pelaksanaan penelitian.
- c. Menentukan populasi dan sampel penelitian.
- d. Persiapan serta penyusunan perangkat pembelajaran, instrumen penelitian yang akan digunakan, serta simulasi molekul yang akan digunakan adalah PhET *Simulation* dan *Javalab science simulation*.
- e. Melakukan validasi perangkat pembelajaran oleh validator yang ahli dibidangnya.

2) Tahap Pelaksanaan Penelitian

Pada tahap pelaksanaan, penelitian dilakukan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Adapun urutan prosedur pelaksanaannya sebagai berikut:

- a. Memberikan pretes dengan soal-soal yang sama pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pretes tersebut kemudian dikerjakan oleh siswa untuk mengetahui kemampuan awal translasi antarlevel representasi kimia siswa.
- b. Menerapkan kegiatan pembelajaran pada materi hukum dasar kimia sesuai dengan pembelajaran yang telah ditetapkan pada masing-masing kelas, pembelajaran dengan menggunakan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul di kelas eksperimen dan pembelajaran *discovery* di kelas kontrol. Melakukan pengamatan/penilaian terhadap keterlaksanaan model pembelajaran selama pembelajaran berlangsung.
- c. Memberikan postes dengan soal-soal yang sama pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui peningkatan kemampuan translasi antarlevel representasi siswa dan mengukur efektivitas model pembelajaran *discovery*

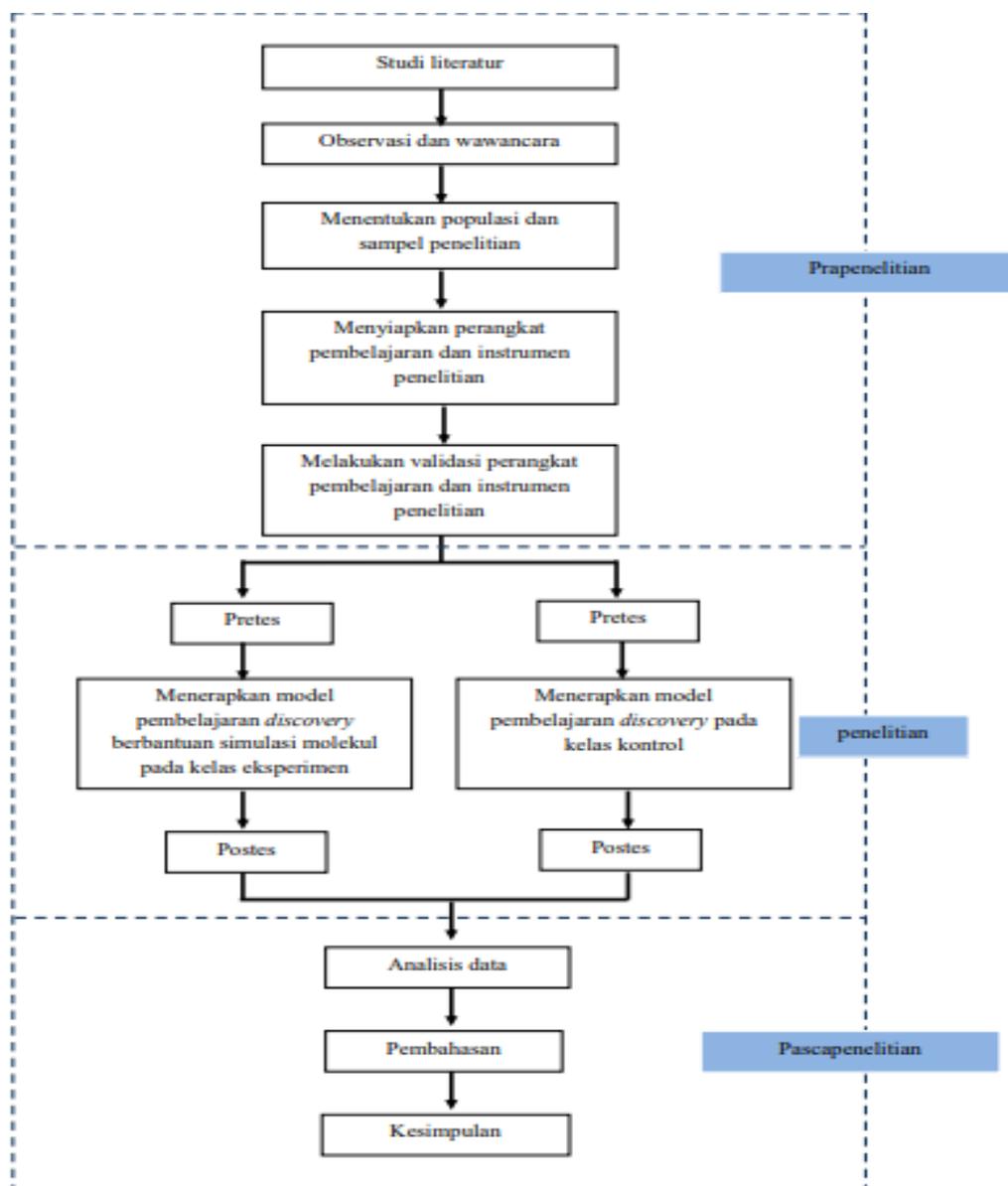
berbasis simulasi molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi siswa.

3) Tahap Akhir Penelitian

Prosedur pada tahap akhir penelitian, yaitu sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis data.
- b. Melakukan pembahasan terhadap hasil penelitian.
- c. Menarik kesimpulan.

Langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur pelaksanaan penelitian

G. Analisis Data

Data yang telah terkumpul melalui proses pengumpulan data, selanjutnya akan memasuki tahap pengolahan data. Pengolahan data bertujuan untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang dapat dianalisis. Proses analisis data dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahap yaitu:

1. Analisis Validitas, Reliabilitas dan Keberfungsian Distraktor

a. Analisis validitas perangkat pembelajaran

Validitas mengukur sejauh mana suatu tes atau instrumen dapat dipercaya (Arikunto, 2009). Dalam penelitian ini, kami menggunakan validitas isi untuk menilai sejauh mana instrumen mencakup aspek yang hendak diukur. Proses ini melibatkan penilaian subyektif, yang dikenal dengan istilah *judgment*, oleh validator, dalam hal ini dosen pembimbing. Evaluasi dilakukan dengan memeriksa kesesuaian antara tujuan penelitian, tujuan pengukuran, indikator, dan pertanyaan yang diajukan. Jika kesesuaian antar unsur ini ditemukan, maka instrumen dianggap valid untuk mengumpulkan data yang relevan untuk penelitian.

b. Analisis validitas instrumen penelitian

Analisis validitas tes sangat penting untuk menilai kualitas instrumen yang akan digunakan dalam penelitian. Sebuah instrumen dianggap valid jika dapat mengukur konsep yang dimaksud dengan tepat dan memberikan data yang relevan tentang variabel yang sedang diteliti. Dalam penelitian ini, validitas instrumen diuji secara empiris melalui uji coba soal pretes dan postes pada siswa kelas XI yang telah mempelajari materi hukum dasar kimia. Data yang diperoleh kemudian diuji validitasnya menggunakan SPSS 27.0. Terdapat 3 ketentuan yang merupakan syarat bahwa instrumen tes dapat dikatakan valid secara empiris, yaitu memiliki tingkat kesukaran butir soal (TK) dengan kriteria sedang atau sukar; indeks daya pembeda soal dengan kriteria cukup, baik, atau sangat baik dan memiliki koefisien korelasi $r_{hitung} > r_{tabel}$.

Tingkat kesukaran butir soal (TK) dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$TK = \frac{N_p}{N}$$

Keterangan :

TK = Tingkat kesukaran

N_p = Jumlah skor yang diperoleh siswa pada suatu butir soal

N = Jumlah skor maksimum yang dapat diperoleh siswa pada suatu butir soal

Tingkat kesukaran butir soal yang diperoleh diinterpretasikan menurut kriteria pada Tabel 3.

Tabel 3. Interpretasi tingkat kesukaran

Tingkat Kesukaran	Kriteria
TK = 0,00	Sangat sukar
$0,00 < TK \leq 0,30$	Sukar
$0,30 < TK \leq 0,70$	Sedang/ cukup
$0,70 < TK < 1,00$	Mudah
TK = 1,00	Sangat mudah

(Susanto *et al*, 2015)

Daya pembeda dihitung untuk soal pilihan jamak pada *tier* 1. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya pembeda adalah sebagai berikut..

$$DP = \frac{JK_A - JK_B}{\frac{1}{2}n}$$

Keterangan :

DP : Daya pembeda

JK_A : Jumlah kelompok atas yang menjawab benar

JK_B : Jumlah kelompok bawah yang menjawab benar

n : Jumlah siswa

Tabel 4. Interpretasi daya pembeda

Daya Pembeda	Kriteria
$DP \geq 0,70$	Sangat baik
$0,40 \leq DP < 0,70$	Baik
$0,20 \leq DP < 0,40$	Cukup/sedang
$0,00 \leq DP < 0,20$	Buruk
$DP < 0,00$	Buruk sekali

(Erfan *et al.*, 2020)

Perhitungan koefisien korelasi dilakukan dengan bantuan SPSS 27.0. Taraf signifikansi yang digunakan adalah sebesar 5%. Nilai r_{hitung} dengan jumlah sampel sebanyak 30 dan signifikansi 5% adalah sebesar 0,361.

c. Analisis reliabilitas instrumen penelitian

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana instrumen penelitian dapat diandalkan. Dalam penelitian ini, reliabilitas diuji menggunakan rumus *Cronbach's Alpha*, di mana instrumen dianggap reliabel jika nilai $\alpha \geq$ dengan r_{tabel} . Nilai alpha yang telah dihitung diinterpretasikan menurut Guilford (1956) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Kriteria Derajat Reliabilitas

Derajat Reliabilitas	Kriteria
$0,80 < \alpha \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < \alpha \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < \alpha \leq 0,60$	Sedang
$0,20 < \alpha \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < \alpha \leq 0,20$	Tidak reliabel

d. Analisis Keberfungsian Distraktor

Instrumen *two-tier test* dengan soal pilihan jamak juga memerlukan analisis untuk mengevaluasi keberfungsian distraktornya. Distraktor adalah jawaban salah yang dirancang untuk mengecoh siswa. Analisis ini bertujuan untuk memastikan apakah distraktor tersebut efektif. Distraktor dianggap berfungsi dengan baik jika minimal 5% siswa memilih opsi tersebut. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung persentase siswa yang memilih setiap opsi jawaban.

$$\% \text{ distraktor} = \frac{\text{jumlah siswa yang menjawab pengecoh}}{\text{jumlah peserta didik}}$$

2. Analisis Data Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia Siswa

Kemampuan siswa dalam mentranslasikan antarlevel representasi ditetapkan melalui penilaian menggunakan pretes dan postes. Data yang terkumpul kemudian diolah dengan metode analisis yang meliputi:

a. Perhitungan Nilai Siswa

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai siswa adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai siswa} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100$$

Setelah nilai setiap siswa diperoleh, kemudian dihitung nilai rata-rata siswa setiap kelas dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai rata-rata siswa} = \frac{\text{jumlah nilai siswa}}{\text{jumlah skor maksimal}}$$

Kemudian dihitung pula persentase capaian setiap indikator dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase capaian setiap indikator} = \frac{\text{nilai rata-rata indikator}}{\text{nilai total}} \times 100\%$$

b. Perhitungan *n-gain*

Peningkatan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa ditunjukkan dengan nilai *n-gain*. *N-gain* merupakan selisih antara nilai postes dengan nilai pretes. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *n-gain* setiap siswa adalah sebagai berikut :

$$n - gain = \frac{\text{nilai postes} - \text{nilai pretes}}{100 - \text{nilai pretes}}$$

Setelah data *n-gain* setiap siswa diperoleh, dilakukan perhitungan *n-gain* rata-rata untuk setiap kelas. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *n-gain* rata-rata adalah sebagai berikut :

$$\text{rata - rata } n - gain = \frac{\text{jumlah } n - gain \text{ seluruh siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Hasil perhitungan *n-gain* rata-rata kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998). Kriteria klasifikasi *n-gain* rata-rata menurut Hake dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria rata-rata *n-gain*

<i>N-gain</i> rata-rata (<i>g</i>)	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

(Hake, 1998).

3. Prasyarat Pengujian Secara Statistika

Dalam melakukan analisis statistika terhadap data *n-gain*, langkah-langkah prasyarat yang penting dilakukan adalah uji normalitas dan uji homogenitas. Hal ini bertujuan untuk menentukan apakah data tersebut memenuhi syarat untuk dilakukan uji perbedaan dua rata-rata. Dengan demikian, pemilihan jenis uji statistika selanjutnya, baik parametrik maupun non-parametrik, dapat dilakukan dengan tepat sesuai dengan karakteristik data yang ada.

a. Uji normalitas

Uji normalitas merupakan langkah penting untuk mengevaluasi karakteristik distribusi data. Uji normalitas bertujuan untuk menentukan apakah data yang dimiliki mengikuti distribusi normal atau tidak. Jika data tersebut terdistribusi secara normal, maka metode statistik parametrik dapat digunakan dengan tepat. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan aplikasi SPSS 27.0 for Windows dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Data dikatakan memenuhi asumsi normalitas jika pada *Kolmogorov-Smirnov* nilai sig. > 0,05. Hipotesis yang diajukan dalam uji normalitas adalah sebagai berikut :

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk menilai apakah varian dari kedua kelas penelitian tersebut homogen atau tidak. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode uji *One Way ANOVA*, yang merupakan salah satu alat analisis statistik yang umum digunakan, dengan bantuan aplikasi SPSS 27.0 for Windows.

Hipotesis dari uji homogenitas adalah sebagai berikut:

$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ kedua sampel memiliki varian homogen

$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ kedua sampel memiliki varian tidak homogen

Keterangan:

σ_1^2 : varians skor kelas eksperimen

σ_2^2 : varians skor kelas kontrol

Kriteria uji :

- Terima H_0 jika sig. > 0,05
- Terima H_1 jika sig. < 0,05.

4. Uji perbedaan dua rata-rata

Penelitian ini menggunakan uji perbedaan dua rata-rata untuk mengevaluasi efektivitas model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul. Dengan

membandingkan nilai *n-gain* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan *Independent Sample T-Test* jika sampel berdistribusi normal, atau dengan uji *Mann Whitney* jika sampel tidak berdistribusi normal.

Adapun hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mu A_{1x} \leq A_{2x} =$ Rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel siswa kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol pada materi hukum dasar kimia

$H_1 : \mu A_{1x} > A_{2x} =$ Rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata *n-gain* kelas kontrol pada materi hukum dasar kimia

Keterangan :

$\mu A_{1x} =$ Rata-rata nilai *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa dikelas eksperimen

$\mu A_{2x} =$ Rata-rata nilai *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa dikelas kontrol

Kriteria uji:

- Terima H_0 jika nilai sig (*2-tailed*) $> 0,05$
- Terima H_1 jika nilai sig(*2-tailed*) $< 0,05$

(Sudjana, 2005).

5. Uji ukuran pengaruh (*effect size*)

Analisis terhadap ukuran pengaruh pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa dilakukan dengan uji *effect size*. Perhitungan untuk menentukan ukuran pengaruh (*effect size*) menggunakan persamaan berikut :

$$d = \frac{(M_1 - M_2)}{SD_{\text{pooled}}}$$

Keterangan:

d = Cohen's (*effect size*)

M_1 = Rata-rata *n-gain* kelas eksperimen

M_2 = Rata-rata *n-gain* kelas kontrol

SD_{pooled} = Simpangan baku

(Cohen, 1969)

Kriteria *effect size* diinterpretasi menurut Cohen (1969) pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Kriteria *effect size*

Kriteria	Efek
$0 \leq \text{Cohen's } d < 0,2$	Efek sangat kecil
$0,2 \leq \text{Cohen's } d < 0,5$	Efek kecil
$0,5 \leq \text{Cohen's } d < 0,8$	Efek sedang
$\text{Cohen's } d \geq 0,8$	Efek besar

(Cohen, 1969)

6. Analisis Keterlaksanaan Model Pembelajaran *Discovery*

Dalam upaya menganalisis keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekuler, perlu dilakukan tahapan analisis sebagai berikut :

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan observer untuk setiap aspek pengamatan
- 2) Menghitung persentase keterlaksanaan dengan rumus:

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

Keterangan:

$\%J_i$ = Persentase skor ideal setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i

$\sum J_i$ = Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan observer pada pertemuan ke-i

N = Skor maksimal

- 3) Menafsirkan data dengan tafsiran harga persentase keterlaksanaan model pembelajaran berdasarkan kriteria sesuai Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kriteria tafsiran persentase keterlaksanaan model pembelajaran.

Rentang Persentase	Kriteria
$0,0\% < \%J_i \leq 20,0\%$	Sangat rendah
$20,1\% < \%J_i \leq 40,0\%$	Rendah
$40,1\% < \%J_i \leq 60,0\%$	Sedang
$60,1\% < \%J_i \leq 80,0\%$	Tinggi
$80,1\% < \%J_i \leq 100,0\%$	Sangat tinggi

(Sunyono, 2012).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa kelas eksperimen lebih tinggi dan memiliki perbedaan signifikan daripada kelas kontrol, hal ini juga ditunjukkan dengan *effect size* sebesar 2,115 yang berada pada kategori besar dan persentase rata-rata keterlaksanaan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul sebesar 84,09% yang berada pada kategori sangat tinggi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada materi hukum dasar kimia, maka disarankan untuk:

1. Guru yang akan menggunakan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul perlu memastikan jaringan internet mendukung akses simulasi. Penggunaan simulasi memerlukan interaksi langsung dengan siswa agar efektif. Jika jaringan tidak memadai, disarankan untuk menggunakan rencana cadangan, seperti rekaman layar, agar pembelajaran tetap berjalan meski terkendala jaringan.

2. Calon peneliti yang menggunakan simulasi molekul sebaiknya memastikan kelas dalam kondisi kondusif agar siswa dapat dengan mudah memahami tujuan dan prosedur simulasi tanpa perlu penjelasan berulang, sehingga pembelajaran dapat berlangsung efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardac, D., & Akaygun, S. 2005. Using static & dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1269–1298.
- Ardac, D., & Akaygun, S. 2004. Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students understanding of chemical change. *Journal of research in science teaching*, 41(4):317-337.
- Arikunto, S. 2009. Evaluasi Program Pendidikan. Bumi Aksara: Jakarta Chemical Education: *Research and Practice in Europe*, 1(1), 9–15.
- Arnaz, Y., & Adnan, A. (2021). Students' Perception of Project - Based learning in Microteaching Class. *Journal of English Language Teaching*, 10(3), 449–461.
- Bruner, J. S. (1961). the Act of Discovery. *In Search of Pedagogy Volume I*, 31, 21–32.
- Castronova, J. A. 2002. Discovery Learning for the 21st Century: What is it and how does it compare to traditional learning in effectiveness in the 21st century. *Action Research Exchange*, 1(1), 1-12.
- Chang, R. 2005. *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- 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), 42.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2002). Constraints to the development of first year university chemistry students' mental models of chemical phenomena. *Focusing on the student*, 43-50.
- Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2014). Supporting knowledge integration in chemistry with a visualization-enhanced inquiry unit. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 37-58.
- Chlumecká, L. (2021). Analýza vizuálních reprezentací zařazených v tematickém celku Organické sloučeniny v učebnicích chemie pro základní školy.

- Dahsah, C., & Coll, R. K. 2008. Thai grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 573–600.
- De Jong, T., Van Joolingen, W. R., Swaak, J., Veermans, K., Limbach, R., King, S., & Gureghian, D. (1998). Self-directed learning in simulation-based discovery environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14(3), 235–246.
- Demircioglu, G., Demircioglu, H., & Yadogaroglu, M. 2013. An Investigation of Chemistry Student Teachers' Understanding of Chemical Equilibrium. *International Journal on New Trends in Education and Their Implication*. 4(2): 192-199.
- Derman, A., & Ebenezer, J. (2020). The Effect of Multiple Representations of Physical and Chemical Changes on the Development of Primary Pre-service Teachers Cognitive Structures. *Research in Science Education*, 50(4), 1575–1601.
- Dunn, J. (2020). education sciences The Effect of Simulation-Supported Inquiry on South African Natural Sciences Learners' Understanding of Atomic and Molecular Structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077–1096.
- Erfan, M., Maulyda, M. A., Hidayati, V. R., Astria, F. P., & Ratu, T. (2020). Analisis Kualitas Soal Kemampuan Membedakan Rangkaian Seri Dan Paralel Melalui Teori Tes Klasik Dan Model Rasch. *Indonesian Journal Of Educational Research and Review*, 3(1), 11.
- Fadiawati, N. (2012). Animation Media Development Based Multiple Representations on Material Factors Affecting Chemical Equilibrium. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 1(2), 141140.
- Fadiawati, N., & Fauzi, M.M. (2018). *Perancangan Pembelajaran Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fahmi, Setiadi. I, Elmawati, D., & Sunardi. (2019). Discovery Learning Method for Training Critical Thinking Skills of Students. *European Journal of Education Studies*, 6(3), 342–351.
- Fauzi, M. (2019). Pengaruh strategi pembelajaran swa-atur dengan discovery learning dan gaya kognitif terhadap hasil belajar Kimia. *Edcomtech: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 4(1), 56-66.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of

suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 1993, 5–14.

- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Heitzman, M., & Krajcik, J. (2005). Urban seventhgraders' translations of chemical equations: Which parts of the translation process do students' have trouble. In *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, Dallas, TX. 1–29.
- Hosnan, M. (2014). Pendekatan saintifik dan kontekstual dalam pembelajaran abad 21: Kunci sukses implementasi kurikulum 2013. Ghalia Indonesia.
- Indriyanti, N. Y., Saputro, S., & Sungkar, R. L. (2020). Problem-Solving and Problem-Posing Learning Model Enriched With the Multiple Representation in Tetrahedral Chemistry To Enhance Students' Conceptual Understanding. *Edusains*, 12(1), 123–134.
- Jaber, L. Z., & Boujaoude, S. (2012). A Macro – Micro – Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973–998.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry-Logical or psychological? *Chemistry Education Research And Practice In Europe*, 1(1), 9–15.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49–63.
- Johnstone, A. H. 1993. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70. No. 9. p. 701-705.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Kern, A. L., Wood, N. B., Roehrig, G. H., & Nyachwaya, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 165-172.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representationl Competence. *Visualization in Science Education*, 121–145.

- Kozma, R.b.2000. the use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. *Innovations in science and mathematics education : advanced designs for technologies of learning*. 11-46.
- Krumlová, E. (2022). Hodnocení vizuálních reprezentací využitých v učebnicích chemie pro ZŠ v tématech kyselin, zásad a neútržice.
- Lee, H., Kim, Y. and Park, C.J., 2019. Development of quest-based mobile STEAM content for scientific experiments in middle schools. *The Journal of the Korea Contents Association*, 19(2), 88-98.
- Li, W. S. S., & Arshad, M. Y. (2014). Application of multiple representation levels in redox reactions among tenth grade chemistry teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 11(3), 35–52.
- Mabie, R., & Baker, M. (1996). A Comparison Of Experiential Instructional Strategies Upon The Science Process Skills Of Urban Elementary Students. *Journal of Agricultural Education*, 37(2), 1–7.
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197.
- Moore, E. B., Herzog, T. A., & Perkins, K. K. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 257-268.
- Mukama, E., & Byukusenge, P. (2023). Supporting Student Active Engagement in Chemistry Learning with Computer Simulations. *Journal of Learning for Development*, 10(3), 427–439.
- Nakhleh, M. B., Lowrey, K. A., & Mitchell, R. C. J. 1996. Narrowing the Gap Between Concepts and Algorithms in Freshman Chemistry. *Chemical Education*. 73 (8) , 758-762.
- Nastiti, R. D., Fadiawati, N., Kadaritna, N., & Diawati, C. (2012). Development Module of Reaction Rate Based on Multiple Representations. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia (JPPK)*, 1(2), 1–15.
- Ndagijimana, J. B., Musengimana, J., Mushimiyimana, H., Mukama, E., Habimana, O., Manirakiza, P., ... & Lakin, E. (2024). Contribution of an instructional module incorporating PhET simulations to Rwandan students' knowledge of chemical reactions, acids, and bases through social interactions. *Chemistry Education Research and Practice*.
- Niroj, S., & Srisawasdi, N. (2014). A Blended learning environment in chemistry for promoting conceptual comprehension: A journey to target students' misconceptions. *Workshop Proceedings of the 22nd International*

Conference on Computers in Education, ICCE 2014, 307–315.

- Nkemakolam, O. E., Chinelo, O. F., & Jane, M. C. (2018). Effect of Computer Simulations on Secondary School Students' Academic Achievement in Chemistry in Anambra State. *Asian Journal of Education and Training*, 4(4), 284–289.
- Permatasari, M. B., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2022). Chemistry Learning Using Multiple Representations: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Learning*, 5(2), 334–341.
- Priyasmika, R. (2021). The Effect of Multiple Representation-Based Guided Inquiry on Learning Outcomes Reviewed from Scientific Thinking Skills. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 6(1), 55- 66.
- Rahmawati, Y., Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' Conceptual Understanding In Chemistry. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303–326.
- Sanchez, J. M. P. (2021). Understanding of kinetic molecular theory of gases in three modes of representation among tenth-grade students in chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(1), 48-63.
- Saputra, A., Tania, L., & Sari, M. (2020). The use of molecular simulation-assisted discovery learning in improving science process skills. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 10(3), 500-512.
- Sim, J. H., & Daniel, E. G. S. (2014). Representational competence in chemistry: A comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations. *Cogent Education*, 1(1), 1–17.
- Spitha, N., Zhang, Y., Pazicni, S., Fullington, S. A., Morais, C., Buchberger, A. R., & Doolittle, P. S. (2024). Supporting submicroscopic reasoning in students' explanations of absorption phenomena using a simulation-based activity. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 133-150.
- Stojanovska, M., M. Petruševski, V., & Šoptrajanov, B. (2017). Study of the Use of the Three Levels of Thinking and Representation. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences*, 35(1), 37–46.
- Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. Tarsito: Bandung.
- Sunyono, S., & Meristin, A. (2018). The effect of multiple representation-based learning (MRL) to increase students' understanding of chemical bonding concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 399–406.

- Sunyono, S., Leny, Y., & Muslimin, I. (2015). Supporting students in learning with multiple representation to improve student mental models on atomic structure concepts. *Science Education International*, 26(2), 104-125.
- Sunyono, S., & Sudjarwo, S. (2018, June). Mental Models of Atomic Structure Concepts of 11th Grade Chemistry Students. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* (Vol. 19, No. 1).
- Sunyono. (2012). *Buku Model Pembelajaran Berbasis Multiple Representasi (Model SiMaYang)*. Aura Printing And Publishing: Bandarlampung.
- Sunyono. (2015). *Model Pembelajaran Multipel Representasi, Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan: Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, dan Evaluasi*. Yogyakarta: Media Akademi.
- Susanto, H., Rinaldi, A., & Novalia. (2015). Analisis Validitas Reliabilitas Tingkat Kesukaran dan Daya Beda pada Butir Soal Ujian Akhir Semester Ganjil Mata Pelajaran Matematika. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 203–217.
- Suyatna, A., Anggraini, D., Agustina, D., & Widyastuti, D. (2017). The role of visual representation in physics learning: Dynamic versus static visualization. *Journal of Physics: Conference Series*, 909(1), 1-7.
- Swaak, J., De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (2004). *The effects of discovery learning and expository instruction on the acquisition of definitional and intuitive knowledge*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(4), 225–234.
- Talanquer, V. (2011). Macro , Submicro , and Symbolic : The many faces of the chemistry “ triplet .” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179– 195.
- Tima, M. T., & Sutrisno, H. (2018). Influence of Problem Solving Based on Multiple Representations Model on Teaching and Learning of Chemistry on Student Academic Self-Efficacy and Students’s Cognitive Achievement. *American Journal of Educational Research*, 6(7), 887-892.
- 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.
- Wicaksono, A. 2008. *Efektivitas Pembelajaran*. Erlangga, Jakarta.
- Widarti, H. R., Marfu’ah, S., & Parlan. (2019). The Effects of Using Multiple Representations on Prospective Teachers’ Conceptual Understanding of Intermolecular Forces. *Journal of Physics: Conference Series*, 1227(1).