

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI
DINAMIKA MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
TRANSLASI ANTARLEVEL REPRESENTASI KIMIA SISWA
PADA MATERI LAJU REAKSI**

(Skripsi)

Oleh

**ATHIFAH AZ-ZAHRA
NPM 2013023065**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI ANTARLEVEL REPRESENTASI KIMIA SISWA PADA MATERI LAJU REAKSI

Oleh

ATHIFAH AZ ZAHRA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa pada materi laju reaksi. Penelitian ini menggunakan desain *pretest-posttest control group*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Perintis 2 Bandarlampung yang mengambil peminatan Kimia tahun ajaran 2024/2025 yang terdistribusi ke dalam 8 kelas. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *cluster random sampling* dan diperoleh kelas XI-7 sebagai kelas eksperimen dan XI-4 sebagai kelas kontrol. Teknik analisis data yang digunakan adalah uji perbedaan dua rata-rata dengan uji *Independent Sample T-Test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* kelas eksperimen sebesar 0,67 atau berkategori sedang di kelas eksperimen. Hasil uji t menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dibandingkan rata-rata *n-gain* kelas kontrol pada materi laju reaksi. Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa pada materi laju reaksi.

Kata kunci: pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul, laju reaksi, kemampuan translasi antarlevel representasi kimia.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF MOLECULAR *SIMULATION*-ASSISTED DISCOVERY LEARNING TO IMPROVE THE ABILITY TO TRANSLATE INTERLEVEL REPRESENTATIONS ON REACTION RATE MATERIAL

By

ATHIFAH AZ ZAHRA

This study aimed to describe the effectiveness of molecular Simulation-assisted discovery learning in improving the ability to translate interlevel representations on reaction rate. The methods in this research used pretest-posttest control group design. The population in this study was all students of XI at SMA Perintis 2 Bandarlampung who took chemistry specialization in 2024/2025. The sample was XI-7 as an experimental class and XI-4 as a control class. The data analysis technique used Independent Sample T-Test.

The results showed the average n-gain of students was 0,67 in moderate criteria in the experimental class. The t-test results showed that the average n-gain of students' ability to translate interlevel representations in the experimental class was higher significantly than the average n-gain in the control class on reaction rate. It can be concluded that molecular Simulation-assisted discovery learning is effective in improving students' ability to translate interlevel representations on reaction rate.

Keywords: molecular simulation-assisted discovery learning, ability to translate interlevel representations, reaction rate.

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI
DINAMIKA MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
TRANSLASI ANTARLEVEL REPRESENTASI KIMIA SISWA
PADA MATERI LAJU REAKSI**

Oleh

ATHIFAH AZ ZAHRA

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
BANDARLAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI ANTARLEVEL REPRESENTASI KIMIA SISWA PADA MATERI LAJU REAKSI**

Nama Mahasiswa : **Athifah Azzahra**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2013023065**

Program Studi : **Pendidikan Kimia**

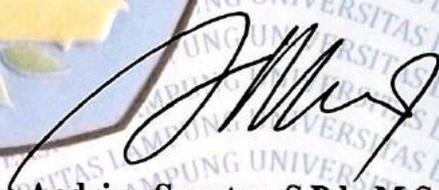
Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. **Komisi Pembimbing**


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

1. Tim Penguji

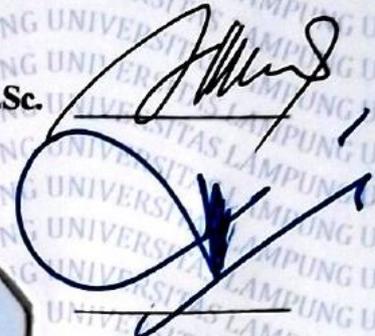
Ketua

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



Sekretaris

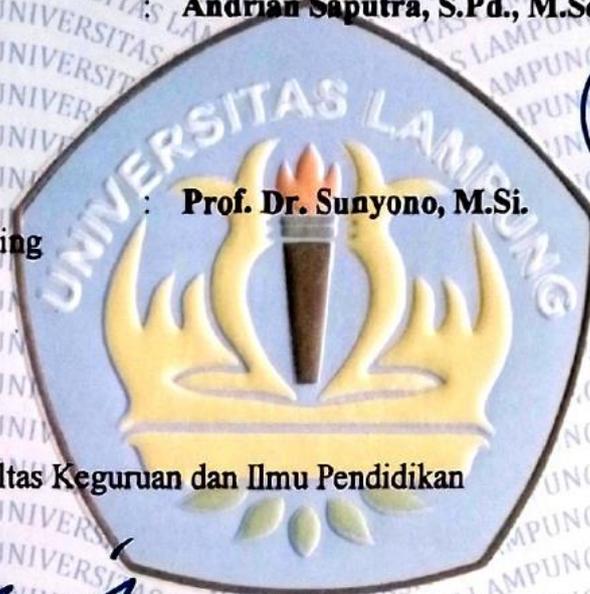
: **Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.**



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

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Athifah Az Zahra
NPM : 2013023065
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

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

Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandarlampung, 24 Desember 2024



Athifah Az Zahra
NPM 2013023065

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pringsewu, Lampung pada tanggal 14 Januari 2002 dari pasangan Bapak Sabilah Rosyad dan Ibu Komariyah. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, dengan dua saudara laki-laki bernama Ali Zainal Abidin dan Abu Fadhl Abbas serta satu saudara kembar perempuan bernama Afifah Az Zahra.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 3 Sukoharjo 1 pada tahun 2008-2014, lalu melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2014-2017, kemudian ke SMA Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan Pendidikan MIPA, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Sekretaris Bidang Media Center Fosmaki pada tahun 2020-2021. Penulis juga mengikuti beberapa kompetisi jenjang mahasiswa, di antaranya: Juara 3 Lomba Cerdas Cermat (LCC) Polinela se-Provinsi Lampung pada tahun 2022, peserta ON-MIPA Tingkat Wilayah Tahun 2023 dan 2024, dan Juara 2 Kompetisi *Microteaching* Dies Natalis FKIP Unila tahun 2024. Penulis juga menjadi ketua kelompok pada program Kampus Mengajar Angkatan 6 di SMP Negeri 1 Pagelaran Utara di tahun 2023.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, karya ini kupersembahkan untuk:

Ibuku, Komariyah, yang paling kusayangi di dunia, dan Bapakku, Sabilah Rosyad, yang paling kuhormati, yang telah membesarkan, mendidik, dan senantiasa mendoakanku dalam menghadapi segala proses penyelesaian studi.

Saudara kembarku, Afifah Az-Zahra, yang kubanggakan dan selalu mendoakanku di segala situasi.

Para pendidikku, guru dan dosen, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan bimbingan dengan penuh keikhlasan.

Almamaterku, Universitas Lampung.

MOTTO

“You can still colour the world even if you're not the brightest crayon in the box. Remember, every shade holds its own purpose and uniqueness – even the darkest ones. After all, wouldn't the world be dull if all colours were the same?”

“Learning is hard, but knowing nothing is also hard. Life will always be hard, but we have the power to choose our hard.”

Eva Alicia

SANWACANA

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 Dinamika Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia Siswa pada Materi Laju Reaksi” 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. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung.
3. Ibu M. Setyarini, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia yang selalu menjadi panutan, mengajarkan penulis terkait berbagai hal, serta memberikan motivasi dan dukungan selama masa studi dan penyusunan skripsi.
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang membangun selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang membangun selama proses penyusunan skripsi.

6. Ibu Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., dan Bapak Galuh Catur Wisnu Prabowo, S.Si., M.Pd., selaku dosen Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmu serta pengalaman belajar yang luar biasa selama perkuliahan, sehingga berhasil menginspirasi penulis untuk terus belajar dan berkembang.
7. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Kimia serta segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA.
8. Kepala sekolah SMA Perintis 2 Bandarlampung serta Ibu Nia Maulina, S.Pd. selaku guru pamong atas kerja sama dan bantuannya selama penelitian.
9. Ibu, Bapak, dan saudara-saudaraku tercinta atas kasih sayang, dukungan, serta doa yang selalu terpanjat selama proses penyelesaian studi di Pendidikan Kimia.
10. Teman-teman seperjuanganku, Emilia Nafaza, Anfasa Rizga Aprilia, Risna Wahyuni Dongoran, Choirul Anwar, dan Erviantina H., yang selalu saling membantu dan bertukar pikiran dalam proses penyusunan skripsi.
11. Sahabat-sahabatku, Aryn Fatkhul Jannah, Winda Dwi Safitri, Fiko Ferdiansyah, Bellia Nabila Reta, dan Khomsatun Muchlisoh atas segala bantuan dan ketersediaannya dalam berbagi cerita dan mendengarkan keluh kesahku selama menjalani perkuliahan.
12. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Kimia 2020 yang telah saling menguatkan dan tidak pernah menghakimi selama masa-masa sulit penyusunan skripsi.

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

Bandarlampung, 24 Desember 2024.

Penulis,

Athifah Az-Zahra

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Representasi Kimia	8
B. Kompetensi Representasional	9
C. Pembelajaran <i>Discovery</i>	10
D. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi	12
E. Penelitian Relevan	15
F. Kerangka Berpikir.....	17
G. Anggapan Dasar	20
H. Hipotesis	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Populasi dan Sampel Penelitian	22
B. Desain Penelitian	22
C. Variabel Penelitian.....	23
D. Perangkat Pembelajaran.....	23
E. Instrumen Penilaian	23
F. Alur Penelitian	24
G. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	24
H. Analisis Data.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Validitas, Reliabilitas, dan Keberfungsian Distraktor Instrumen Penelitian.....	34

B.	Nilai Rata-Rata Pretes dan Postes Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia Siswa.....	36
C.	<i>N-gain</i> Rata-Rata Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia.....	37
D.	Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	39
E.	Ukuran Pengaruh (<i>Effect size</i>)	40
F.	Pembelajaran <i>Discovery</i> Berbasis Simulasi Dinamika Molekul	41
G.	Data Keterlaksanaan Pembelajaran.....	69
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	71
A.	Kesimpulan	71
B.	Saran	71
	DAFTAR PUSTAKA	73
	LAMPIRAN.....	80
	Lampiran 1. Modul Ajar (RPP) Kelas Eksperimen	81
	Lampiran 2. Modul Ajar (RPP) Kelas Kontrol	89
	Lampiran 3. LKPD Kelas Eksperimen	95
	Lampiran 4. LKPD Kelas Kontrol	102
	Lampiran 5. Kisi-Kisi Instrumen Tes Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia	106
	Lampiran 6. Naskah Instrumen Tes Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia	107
	Lampiran 7. Rubrik Penilaian Instrumen Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia	113
	Lampiran 8. Hasil Uji Coba Instrumen Soal	123
	Lampiran 9. Hasil Uji Validitas, Reliabilitas, dan Keberfungsian Distraktor	125
	Lampiran 10. Hasil Pretes-Postes Kelas Eksperimen	129
	Lampiran 11. Hasil Pretes-Postes Kelas Kontrol	132
	Lampiran 12. Data <i>N-gain</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	135
	Lampiran 13. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas, dan Perbedaan Dua Rata-Rata	137
	Lampiran 14. Lembar Observasi Keterlaksanaan Model <i>Discovery</i> berbasis Simulasi Dinamika Molekul	139
	Lampiran 15. Perhitungan Hasil Keterlaksanaan Model <i>Discovery</i> berbasis Simulasi Dinamika Molekul	146
	Lampiran 16. Surat Izin Penelitian Pendahuluan	147
	Lampiran 17. Surat Izin Penelitian.....	148
	Lampiran 18. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	149

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Penelitian Relevan	16
2. Desain penelitian <i>Pretest-Posttest Control Group Design</i>	22
3. Interpretasi Tingkat Kesukaran	27
4. Interpretasi Daya Pembeda	27
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	33
9. Tingkat Kesukaran Instrumen Tes	34
10. Daya Pembeda Soal	34
11. Hasil Koefisien Korelasi	35
12. Hasil Analisis Keberfungsian Distraktor	36
13. Hasil Uji Normalitas N-gain	39
14. Hasil Uji Perbedaan Dua Rata-Rata.....	40
15. Hasil Perhitungan <i>Effect size</i>	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Segitiga kimia Johnstone (1991).....	9
2. Tampilan awal PhET <i>Simulation</i> bagian <i>Reaction and Rate</i>	13
3. Tampilan awal simulasi CCC faktor katalis	14
4. <i>Cone of experience</i> Dale (1969)	15
5. Diagram Kerangka Pemikiran.....	20
6. Diagram alur penelitian.....	24
7. Nilai Rata-Rata Pretes Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	36
8. <i>N-gain</i> Rata-Rata Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	38
9. Persebaran <i>N-gain</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	38
10. Contoh Jawaban Siswa Pada Tabel Hasil Pengamatan LKPD 2	46
11. Percobaan Faktor Konsentrasi terhadap Laju Reaksi dengan PhET <i>Simulation</i> dengan (a) Konsentrasi Rendah dan (b) Konsentrasi Tinggi.....	47
12. Contoh Tabel Hasil Pengamatan Simulasi PhET LKPD 2	48
13. Contoh Hasil Jawaban Siswa pada Tabel Hasil Pengamatan LKPD 3	49
14. Tampilan Simulasi CCC Faktor Luas Permukaan (a) Luas Permukaan Kecil dan (b) Luas Permukaan Besar.....	49
15. Persamaan Reaksi Percobaan Faktor Katalis LKPD 4.....	50
16. Tampilan Simulasi CCC Faktor Katalis.....	50
17. Contoh Hasil Siswa pada Tabel Hasil Pengamatan Faktor Katalis LKPD 4.	51
18. Jawaban Pengolahan Data Siswa LKPD 2.....	52
19. Jawaban Pengolahan Data Siswa LKPD 3.....	53
20. Jawaban Pengolahan Data Siswa LKPD 4.....	54
21. Capaian Indikator Kemampuan Translasi Antarlevel.....	55
22. Soal Nomor 1 <i>Tier</i> 1 dan 2.....	56
23. Contoh Jawaban Siswa 3 Pada (a) Pretes Nomor 1 dan (b) Postes Nomor 1	57

24. Contoh Jawaban Siswa 11 Pada (a) Pretes Nomor 1 dan (b) Postes Nomor 1	57
25. Contoh Jawaban Siswa 19 Pada (a) Pretes Nomor 1 dan (b) Postes Nomor 1	58
26. Soal Nomor 4	60
27. Contoh Jawaban Siswa 3 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 4	60
28. Contoh Jawaban Siswa 11 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 4	61
29. Contoh Jawaban Siswa 11 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 4	61
30. Soal Nomor 2	63
31. Contoh Jawaban Siswa 3 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 2	64
32. Contoh Jawaban Siswa 11 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 2	64
33. Contoh Jawaban Siswa 19 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 2	65
34. Soal Nomor 3	66
35. Contoh Jawaban Siswa 3 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 3	67
36. Contoh Jawaban Siswa 11 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 3	67
37. Contoh Jawaban Siswa 19 Pada (a) Pretes Nomor 4 dan (b) Postes Nomor 3	68
38. Rata-Rata Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	69

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia dapat diartikan sebagai ilmu yang mengkaji tentang materi, perubahan materi, serta energi yang menyertai perubahan tersebut (Chang, 2008; Kolomuç & Tekin, 2011). Ilmu kimia dikenal sebagai ilmu dengan karakteristik yang abstrak (Gabel, 1999; Stojanovska *et al.*, 2017; Taber, 2009). Kimia dikenal sebagai ilmu yang bersifat abstrak karena sebagian besar fenomena kimia berada pada tingkat molekuler yang tidak dapat diamati secara langsung, sehingga ilmu kimia perlu direpresentasikan (Kozma & Russell, 1997; Mathewson, 2005).

Ilmu kimia dapat diekspresikan atau direpresentasikan dalam tiga level representasi, yaitu level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Johnstone, 1982; Talanquer, 2011). Tiga level representasi kimia tersebut digunakan untuk menjembatani pemahaman konsep kimia antara level yang abstrak dengan level yang konkret. Secara singkat, level makroskopik mengacu pada tingkat di mana suatu fenomena dapat dirasakan secara langsung dengan indra, level submikroskopik berhubungan dengan representasi pada tingkat molekuler, dan level simbolik merupakan level yang mengabstraksi fenomena melalui penggunaan simbol, persamaan kimia, dan grafik (Johnstone, 1982; Sanchez, 2018; Talanquer, 2011). Ketiga level representasi tersebut saling melengkapi dan tidak ada level representasi yang lebih dominan di antara ketiganya (Johnstone, 2006).

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 feno-mena makroskopik, submikroskopik, dan penjelasan simbolik. Kemampuan ini disebut kompetensi representasional (Kozma & Russell, 2005). Kompetensi representasional yang baik akan membuat siswa terbantu dalam mengkonstruksi konsep dan mengembangkan pemahaman terhadap fenomena kimia (Ainsworth, 2007; Chittleborough, 2004). Oleh karena itu, pembelajaran kimia di sekolah seharusnya melibatkan ketiga level representasi kimia secara seimbang dan melatih kompetensi representasional siswa (Safitri *et al.*, 2019).

Terdapat beberapa kemampuan dalam kompetensi representasional, tiga di antaranya yaitu kemampuan interpretasi makna representasi, kemampuan translasi antara satu level representasi, dan kemampuan translasi antarlevel representasi. Kemampuan yang dibahas dalam penelitian ini adalah kemampuan translasi antarlevel representasi. Kemampuan translasi antarlevel representasi adalah kemampuan untuk memindahkan, mentransformasikan, atau menerjemahkan fenomena kimia pada satu level representasi ke level representasi lainnya (Gilbert, 2008; Gkitzia *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2017). Kemampuan translasi antarlevel representasi merupakan salah satu kunci dari kompetensi representasional kimia yang memadai (Treagust *et al.*, 2003). Hal ini karena pemahaman terhadap konsep dan fenomena kimia secara utuh mengharuskan siswa mampu melibatkan ketiga level representasi secara bersamaan dan berpindah dengan lancar di antara ketiga level representasi tersebut (Gabel, 1999; Gkitzia *et al.*, 2020; Johnstone, 1993).

Siswa yang kesulitan dalam memahami satu level representasi akan kurang mampu menghubungkan level-level representasi kimia lainnya, yang berakibat pada kebingungan dan ketidakmampuan siswa dalam memecahkan masalah kimia (Sim & Daniel, 2014; Sunyono & Meristin, 2018). Kesulitan yang dialami kemudian berujung pada kecenderungan siswa untuk terus menghafal selama proses pembelajaran berlangsung dan menghalangi terjadinya pembelajaran bermakna (Li & Arshad, 2014). Oleh karena itu, siswa harus mampu memahami tiga level representasi kimia, mengaitkan ketiga level representasi, dan

menerjemahkan suatu representasi ke representasi lainnya untuk mengatasi kesulitan tersebut (Ainsworth, 1999).

Salah satu materi kimia yang dianggap sulit dan membutuhkan pemahaman terhadap ketiga level representasi kimia adalah laju reaksi. Materi laju reaksi tidak hanya dipandang sulit oleh siswa, tetapi juga oleh mahasiswa, calon guru kimia, dan juga guru kimia di sekolah (Cakmakci, 2010; Kolomuç & Tekin, 2011). Beberapa contoh materi yang dipelajari pada laju reaksi adalah persamaan laju reaksi, faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, teori tumbukan, energi aktivasi, dan orde laju reaksi (Kolomuç & Tekin, 2011). Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan teori tumbukan adalah contoh materi yang tidak hanya membutuhkan level makroskopik dan simbolik saja, tetapi juga level submikroskopik. Hal ini bertujuan agar siswa mampu menjelaskan fenomena-fenomena makroskopik laju reaksi melalui penjelasan submikroskopik. Dengan demikian, siswa membutuhkan kemampuan translasi antarlevel representasi untuk memahami materi-materi laju reaksi tersebut (Ni'mah *et al.*, 2020). Kemampuan ini dapat diperoleh apabila guru mengintegrasikan ketiga level representasi kimia dalam pembelajaran (Gkitzia *et al.*, 2020).

Namun kenyataannya, masih ada guru yang menerapkan pembelajaran kimia secara konvensional, di mana pembelajaran masih cenderung berfokus pada representasi simbolik dan tidak menghubungkannya dengan fenomena pada level submikroskopik (Chittleborough & Treagust, 2008; Gilbert & Treagust, 2009; Smith & Metz, 1996). Pembelajaran kimia di sekolah hingga saat ini pun umumnya hanya melibatkan dua level representasi, yaitu makroskopik dan simbolik, sedangkan level submikroskopik seringkali ditinggalkan. Padahal, materi kimia selalu melibatkan level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Sunyono & Meristin, 2018). Jika dilibatkan dalam pembelajaran pun, level submikroskopik dipelajari secara terpisah pada materi-materi tertentu, misalnya pada materi bentuk-bentuk molekul (Nastiti *et al.*, 2012). Hal ini menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami fenomena kimia, terutama pada level submikroskopik (Brandriet, 2014; Sirhan, 2007; Talanquer, 2011; Yarroch, 1985).

Hasil-hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil wawancara di sekolah. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia kelas XI di SMA Perintis 2 Bandarlampung, pembelajaran kimia masih menggunakan model konvensional dengan metode ceramah. Guru memaparkan bahwa hal tersebut terjadi karena siswa lebih kondusif ketika menggunakan model konvensional dibandingkan model inkuiri yang sebelumnya pernah dicoba untuk diterapkan. Pembelajaran kimia yang dilakukan pun belum menggunakan tiga level representasi kimia secara bersamaan. Representasi submikroskopik pernah dilibatkan, namun hanya pada materi tata nama senyawa alkana dengan menggunakan model *molymod*. Sementara itu, pelibatan representasi makroskopik dilakukan dengan menggunakan metode praktikum, namun baru terlaksana pada materi laju reaksi dan asam basa. Untuk materi-materi kimia lainnya, guru lebih banyak menggunakan metode ceramah dengan media papan tulis. Pada materi laju reaksi sendiri, guru menggunakan media papan tulis untuk menjelaskan materi, praktikum di laboratorium yang disertai dengan presentasi dari kelompok siswa, dan dilanjutkan dengan latihan soal. Padahal, materi laju reaksi memerlukan integrasi dari ketiga level representasi agar siswa memiliki pemahaman secara konseptual. Tanpa adanya integrasi dari tiga level representasi kimia, tentu kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa juga menjadi kurang terlatih.

Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk melatih dan meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia adalah pembelajaran berbasis visualisasi. Visualisasi terbagi menjadi dua, yaitu visualisasi statis dan visualisasi dinamis (Ainsworth & VanLabeke, 2004). Visualisasi statis adalah visualisasi yang tidak bergerak, sementara visualisasi dinamis adalah visualisasi yang bergerak. Visualisasi dinamis dinilai lebih unggul dalam pembelajaran kimia karena dapat menampilkan proses yang terjadi dalam tingkat partikulat (Kelly *et al.*, 2017).

Simulasi dinamika molekul adalah salah satu contoh dari visualisasi dinamis. Simulasi dinamika molekul dapat memperlihatkan interaksi tingkat partikel yang tidak dapat teramati yang mendasari fenomena kimia (Akaygun & Jones, 2013;

Meir *et al.*, 2005). Penggunaan simulasi di kelas telah terbukti meningkatkan model mental siswa (Akaygun & Jones, 2013; Yeziarski & Birk, 2006). Simulasi dinamika molekul mendorong siswa mampu membuat hubungan dari tiga level representasi kimia, terutama pada level submikroskopik (Stieff, 2011). Terdapat beberapa simulasi dinamika molekul terkait materi laju reaksi, misalnya PhET (*Physics Education Technology*) *Simulation* dan *The Connected Chemistry Curriculum* (CCC). Kedua program ini menyediakan simulasi untuk topik faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, di mana PhET *Simulation* menyediakan simulasi faktor suhu dan konsentrasi, sedangkan CCC menyediakan simulasi untuk faktor luas permukaan, katalis, konsentrasi, dan suhu.

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 dinamika molekul adalah model pembelajaran *discovery*. Model pembelajaran *discovery* dikembangkan berdasarkan pandangan konstruktivisme yang menuntut siswa untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran agar dapat membangun pemahamannya sendiri (Yupita & Tjipto, 2013). Model *discovery* menerapkan aktivitas inkuiri, di mana siswa dapat menyelidiki interaksi submikroskopik antarmolekul yang menghasilkan konsep makroskopik dan berhubungan dengan representasi simbolik (Stieff, 2011).

Model *discovery* memiliki enam sintaks atau tahapan, yaitu stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan generalisasi (Bruner, 1961; Nadjamuddin *et al.*, 2020). Sintaks model *discovery* yang mampu melatih kemampuan translasi antarlevel representasi adalah pengumpulan dan pengolahan data. Melalui sintaks pengumpulan dan pengolahan data, siswa akan dilatih untuk menggambarkan representasi submikroskopik dan simbolik dari fenomena makroskopik yang diamati. Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka dilakukan penelitian yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Dinamika Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia Siswa pada Materi Laju Reaksi”.

B. Rumusan Masalah

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

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa pada materi laju reaksi.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat bagi siswa
Mendapat pengalaman dalam pembelajaran menggunakan simulasi dinamika molekul untuk melatih kompetensi representasional, khususnya kemampuan translasi antarlevel representasi kimia.
2. Manfaat bagi guru
Dapat menjadi referensi model pembelajaran untuk mengatasi kesulitan dalam memvisualisasikan fenomena submikroskopis pada pembelajaran kimia yang membutuhkan kompetensi representasional.
3. Manfaat bagi sekolah
Dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi sekolah untuk meningkatkan mutu pembelajaran kimia yang melatih kompetensi representasional siswa.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mencegah adanya kesalahpahaman terhadap penelitian ini, maka diberikan ruang lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul dikatakan efektif apabila rata-rata *n-gain* kelas eksperimen setidaknya berada pada kategori sedang dan lebih tinggi daripada *n-gain* kelas kontrol, dengan perbedaan rata-rata *n-gain* yang signifikan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol.
2. Model pembelajaran *discovery* terdiri dari enam sintaks, yaitu stimulasi, pernyataan masalah, pengumpulan data, pemrosesan data, verifikasi, dan generalisasi.
3. Simulasi dinamika molekul yang digunakan dalam penelitian ini adalah PhET *Simulations* yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/> dan *The Connected Chemistry Curriculum* yang dapat diakses melalui <http://sims.connchem.org/>
4. Cakupan materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
5. Indikator kemampuan translasi antarlevel representasi kimia pada penelitian ini merujuk kompetensi representasional menurut Kozma & Russell (2005), yaitu membuat hubungan di berbagai representasi, memetakan fitur dari satu level representasi ke representasi lainnya, dan menjelaskan hubungan di antara level-level representasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Representasi Kimia

Representasi kimia merupakan suatu perspektif yang berfungsi sebagai jembatan antara dunia material nyata dengan prinsip-prinsip dan model teoretis yang dikembangkan oleh para ahli kimia untuk memahami sifat dan perilaku zat-zat di sekitar kita (Talanquer, 2022). Pemahaman kimia seringkali diekspresikan dan diajarkan dalam tiga mode atau level representasi yang saling bergantung dan berhubungan erat, yaitu level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Gabel, 1999; Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 1982; Talanquer, 2011).

Representasi level makroskopik merupakan representasi yang diperoleh dari fenomena yang dapat diamati dan dirasakan oleh panca indra (Johnstone, 1991; Treagust *et al.*, 2003) dalam kehidupan sehari-hari ataupun saat eksperimen di laboratorium (Sanchez, 2018). Contohnya, yaitu terjadinya perubahan warna, suhu, pH, ataupun pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi saat reaksi berlangsung (Sunyono, 2015). Representasi level submikroskopik berhubungan dengan fenomena tingkat partikel atau molekul yang merupakan penjelasan dari fenomena makroskopik (Sanchez, 2018). Representasi submikroskopik merupakan representasi yang mampu menggambarkan sifat partikulat suatu materi (Novita & Aini, 2022), di mana sifat partikulat materi merupakan dasar dalam interpretasi dan pemahaman fenomena kimia (Gkitzia *et al.*, 2011). Sementara itu, representasi simbolik adalah abstraksi fenomena kimia yang diekspresikan dalam bentuk simbol, huruf, angka, dan grafik untuk mewakili senyawa, molekul, atom, ataupun proses kimia (Johnstone, 1993; Permatasari *et al.*, 2022; Talanquer, 2011).

Tiga level representasi kimia dapat digambarkan dalam sebuah segitiga dengan tiga tingkatan representasi pada ketiga sudutnya yang disebut Segitiga Kimia Johnstone (Johnstone, 1991; Li & Arshad, 2014), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Segitiga kimia Johnstone (1991).
Sumber: Johnstone (1991)

B. Kompetensi Representasional

Kompetensi representasional adalah sebuah istilah untuk menggambarkan seperangkat keterampilan dan praktik yang memungkinkan seseorang untuk secara reflektif menggunakan berbagai representasi atau visualisasi, baik sendiri-sendiri maupun bersama-sama, untuk memikirkan, mengomunikasikan, dan bertindak terhadap fenomena kimia dalam kaitannya dengan entitas dan proses fisika yang mendasarinya (Kozma & Russell, 1997, 2005). Kompetensi representasional memiliki arti yang sangat luas dan banyak keterampilan ataupun kemampuan di dalamnya.

Salah satu kemampuan yang ada dalam kompetensi representasional adalah kemampuan translasi antarlevel representasi kimia (Sim & Daniel, 2014). Kemampuan translasi antarlevel representasi kimia adalah kemampuan untuk bergerak dengan lancar di antara dua dari tiga level representasi, misalnya makroskopik-submikroskopik, makroskopik-simbolik, ataupun submikroskopik-simbolik, untuk menalar dan memecahkan masalah kimia (Treagust *et al.*, 2003).

Kemampuan translasi antarlevel representasi kimia merupakan kunci dari kompetensi representasional kimia yang memadai (Treagust *et al.*, 2003). Dengan kemampuan translasi antarlevel representasi, seseorang akan mampu mengubah informasi dari satu level representasi ke level representasi lain, sehingga akan mempermudah pemahaman terhadap konsep kimia secara lebih lengkap (Permatasari *et al.*, 2022). Selain itu, kemampuan translasi antarlevel representasi juga memudahkan seseorang untuk mengerti konsep-konsep kimia lebih mendalam karena konsep tersebut dapat dikaji melalui lebih dari satu representasi secara bersama-sama (Treagust *et al.*, 2003).

Indikasi seseorang memiliki kemampuan translasi antarlevel representasi kimia yang baik dapat dilihat dari ketercapaian indikatornya. Terdapat tiga indikator kemampuan translasi antarlevel representasi kimia yang merujuk pada Kozma & Russell (2005), yaitu:

1. membuat hubungan di berbagai representasi,
2. memetakan fitur dari satu level representasi ke representasi lainnya, dan
3. menjelaskan hubungan di antara level-level representasi.

C. Pembelajaran *Discovery*

Pembelajaran *discovery* merupakan temuan yang digagas oleh Jerome S. Bruner pada tahun 1961. Menurut Bruner, pembelajaran *discovery* dapat didefinisikan sebagai suatu proses pembelajaran di mana materi pembelajaran tidak disajikan dalam bentuk final dan siswa dituntut untuk mengorganisasi sendiri pengetahuannya (Bruner, 1961; Ozdem-Yilmaz & Bilican, 2020). Pembelajaran *discovery* dikembangkan berdasarkan teori pembelajaran konstruktivisme, sehingga menekankan pada keterlibatan siswa selama proses pembelajaran

Terdapat lima prinsip dari pembelajaran *discovery* menurut Bruner, yaitu pemecahan masalah (*problem solving*), manajemen pembelajaran (*learning management*), integrasi dan hubungan (*integrate and connect*), analisis dan interpretasi informasi (*analysis and interpretation of information*), serta kegagalan dan pemberian umpan balik (*failure and give feedback*). Kelima prinsip ini kemudian

diterjemahkan menjadi enam sintaks model pembelajaran *discovery*, yaitu stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan generalisasi (Nadjamuddin *et al.*, 2020).

Deskripsi dari keenam langkah pembelajaran *discovery* adalah sebagai berikut:

1. *Stimulation* (stimulasi/pemberian rangsangan)
Pada tahap stimulasi, siswa dihadapkan pada stimulus berupa masalah untuk diamati dan disimak siswa agar menimbulkan keinginan untuk menyelidiki sendiri. Tahap stimulasi berfungsi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu siswa dalam mengeksplorasi materi ajar.
2. *Problem statement* (pernyataan/identifikasi masalah)
Pada tahap identifikasi masalah, siswa diberikan kesempatan untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang timbul akibat stimulus yang diberikan.
3. *Data collection* (pengumpulan data)
Pada tahap pengumpulan data, siswa diminta untuk mencari dan mengumpulkan informasi yang dapat digunakan untuk menemukan solusi atas masalah yang sudah diidentifikasi sebelumnya.
4. *Data processing* (pengolahan data)
Pada tahap pengolahan data, siswa diminta untuk mengolah informasi yang telah diperoleh untuk menjawab permasalahan.
5. *Verification* (pembuktian)
Pada tahap pembuktian, siswa mengecek kebenaran hasil pengolahan data melalui berbagai kegiatan, pencarian informasi dari sumber yang relevan, dan verifikasi dari guru.
6. *Generalization* (generalisasi/penarikan kesimpulan)
Pada tahap generalisasi, siswa diarahkan untuk menggeneralisasi hasil pengolahan data dan verifikasi berupa kesimpulan dari permasalahan yang dikaji. Pada tahap ini, guru berperan dalam meluruskan ataupun memperkaya kesimpulan siswa.

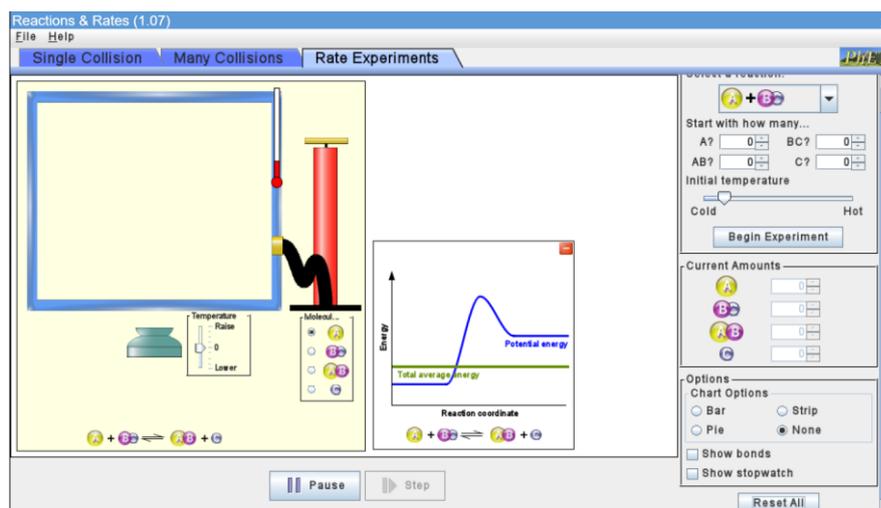
D. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi

Simulasi komputer adalah model komputasi dari situasi nyata, hipotesis, ataupun fenomena alam yang memungkinkan penggunaannya untuk mengeksplorasi implikasinya dengan memanipulasi atau mengubah parameter di dalamnya (Nkemakolam *et al.*, 2018). Ketika siswa berinteraksi dengan simulasi komputer, mereka terlibat dalam eksplorasi dunia di sekitar mereka melalui kegiatan inkuiri (Moore *et al.*, 2014). Simulasi dan animasi kimia berbasis komputer merupakan contoh penemuan teknologi informasi dan komunikasi yang telah dieksplorasi dan digunakan sebagai sumber belajar dan mengajar alternatif di ruang kelas (Beichumila *et al.*, 2022).

Salah satu contoh dari simulasi kimia berbasis komputer adalah simulasi dinamika molekul. Simulasi dinamika molekul adalah sebuah simulasi komputer yang menampilkan pergerakan dan perilaku molekul dari waktu ke waktu, serta mempertimbangkan pengaruh suhu, tekanan, ataupun faktor lainnya (Badar *et al.*, 2020). Simulasi dinamika molekul menyediakan representasi pada level submikroskopik dan simbolik. Melalui pembelajaran kimia dengan metode praktikum yang dikolaborasi dengan simulasi kimia berbasis komputer, siswa akan mampu menghubungkan pengamatan makroskopis mereka dengan representasi simbolik dan submikroskopis, sehingga siswa dapat terbantu dalam mempelajari kimia dan proses kimia secara utuh (Falvo, 2008). Simulasi dinamika molekul yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PhET Simulation* dan *The Connected Chemistry Curriculum*.

Simulasi dinamika molekul *PhET Simulation* merupakan program simulasi yang dikembangkan oleh Universitas Colorado untuk mengatasi keterbatasan alat di laboratorium, yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/>. *PhET Simulation* menyediakan berbagai simulasi pembelajaran sains, seperti pelajaran Kimia, Fisika, Matematika, Biologi, dan Geografi. Dalam pembelajaran kimia, *PhET Simulation* menyediakan simulasi untuk materi struktur atom, hukum-hukum gas, persamaan reaksi, bentuk molekul, laju reaksi, hingga asam basa.

Pada materi laju reaksi, PhET *Simulation* menyediakan simulasi untuk faktor laju reaksi suhu dan konsentrasi yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/reactions-and-rates/latest/reactions-and-rates.html?Simulation=reactions-and-rates>. Terdapat tiga tab pada PhET *Simulation*, yaitu *single collision*, *many collision*, dan *rate experiments*. Berikut ini merupakan tampilan dari laman PhET *Simulation* bagian laju reaksi pada tab *rate experiments*.

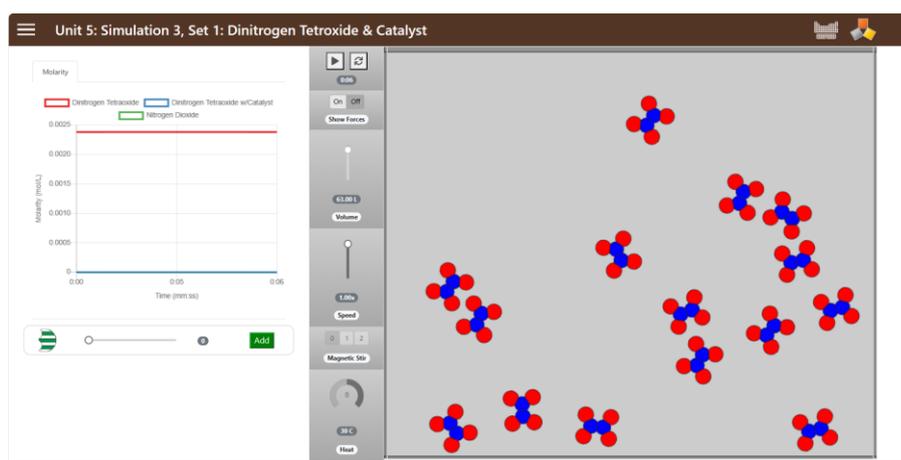


Gambar 2. Tampilan awal PhET *Simulation* bagian *Reaction and Rate*
Sumber: phet.colorado.edu

PhET *Simulation* menyediakan beberapa jenis reaksi yang dapat diatur oleh penggunaannya, mulai dari jenis reaksinya, jumlah molekul reaktan dan produk, suhu, hingga jenis reaksi eksoterm ataupun endoterm. Melalui PhET *Simulation*, siswa dapat mengamati bagaimana pengaruh suhu dan konsentrasi terhadap laju reaksi dilihat dari teori tumbukan. PhET *Simulation* juga menampilkan grafik dan data jumlah molekul dengan bilangan bulat untuk setiap reaksi yang dijalankan, sehingga pengamatan menjadi lebih detail dan mudah dipahami karena menyediakan representasi submikroskopik dan simbolik secara bersamaan (Rahmawati *et al.*, 2022). Hal ini membuat siswa mampu menghubungkan pemahaman submikroskopik dan simbolik yang sebelumnya tidak mereka kuasai (Niroj & Srisawasdi, 2014).

Simulasi kedua yang digunakan adalah *The Connected Chemistry Curriculum*, atau dikenal dengan simulasi CCC. Simulasi CCC merupakan proyek yang dikerjakan oleh The Stieff Lab di Universitas Illinois. Simulasi CCC menyediakan berbagai simulasi dari topik-topik pembelajaran kimia, seperti struktur materi, larutan, stoikiometri, hukum-hukum gas, kinetika, termodinamika, kesetimbangan kimia, asam basa, hingga kimia inti. Simulasi CCC dapat diakses melalui <http://sims.connchem.org/>. Untuk topik laju reaksi, simulasi CCC menyediakan simulasi untuk faktor luas permukaan, katalis, konsentrasi, dan suhu, yaitu pada *Unit 5: Kinetics*.

Simulasi CCC digunakan untuk mempelajari pengaruh luas permukaan dan katalis terhadap laju reaksi. Melalui simulasi CCC ini, siswa dapat melihat bagaimana tampilan submikroskopik dari suatu reaksi yang benar-benar ada di kehidupannya nyata, karena simulasi ini menggunakan zat dan reaksi yang konkrit. Senyawa dan molekul yang ditampilkan dalam simulasi CCC juga merupakan bentuk molekuler aslinya. Simulasi CCC terbukti mampu meningkatkan kompetensi representasional siswa karena dapat menghubungkan antara praktikum di laboratorium dengan representasi submikroskopik dan simbolis yang ada pada simulasi (Stieff, 2011). Berikut ini merupakan tampilan dari simulasi CCC bagian laju reaksi.

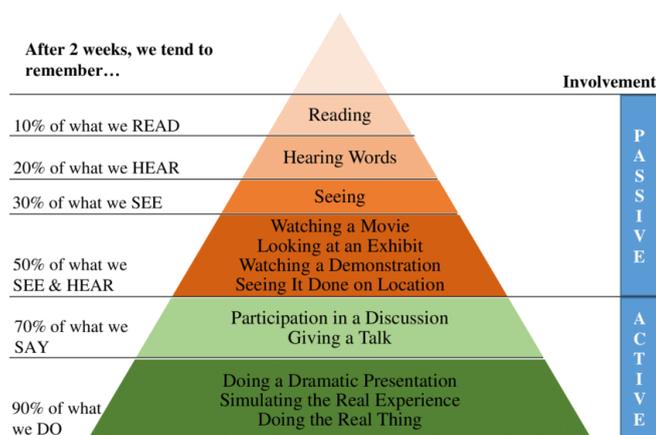


Gambar 3. Tampilan awal simulasi CCC faktor katalis
Sumber: sims.connchem.org

Pengguna dapat memanipulasi volume wadah, kecepatan simulasi, suhu, ataupun penambahan katalis pada simulasi CCC ini. Pengguna juga dapat melihat tampilan

grafik dari reaksi yang ditampilkan. Melalui pembelajaran berbasis simulasi dinamika molekul ini, siswa diharapkan mampu memiliki kemampuan translasi antarlevel representasi kimia yang memadai untuk memahami dan menghubungkan konsep-konsep penting laju reaksi.

Pembelajaran dengan mengintegrasikan simulasi dinilai mampu meningkatkan pembelajaran bermakna (Hofstein, 2004; Peechapol, 2021) dengan mempengaruhi sisi afektif siswa serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk memberikan kesempatan kepada siswa untuk mempertimbangkan cara memecahkan masalah dan mengembangkan pemahaman mereka, di mana hal ini membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna bagi siswa. Melalui simulasi, siswa juga menjadi terlibat secara aktif dalam pembelajaran sehingga meningkatkan kemampuan retensi siswa (Alabi *et al.*, 2023). Hal ini sesuai dengan *cone of learning* yang menyatakan bahwa ingatan siswa dapat bertahan sebesar 90% apabila diterapkan praktikum dan simulasi selama pembelajaran (Dale, 1969). Gambar 4 berikut menyajikan *cone of experience* yang dikemukakan oleh Dale (1969).



Gambar 4. *Cone of experience* Dale (1969)
Sumber: Dale (1969)

E. Penelitian Relevan

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

Tabel 1. Hasil Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Beichumila, Kafanabo, dan Bahati (2022)	<i>Exploring the Use of Chemistry-based Computer Simulations and Animations Instructional Activities to Support Students' Learning of Science Process Skills</i>	Simulasi komputer dengan PhET <i>Simulation</i> dan Yenka <i>Simulation</i> pada materi laju reaksi dapat mendukung siswa dalam mempelajari keterampilan proses sains.
2	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.
3	Sunyono & Meristin (2018)	<i>The Effect of Multiple Representaton-Based Learning (MRL) to Increase Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts</i>	Model MRL lebih unggul untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan kemampuan awal rendah dan sedang pada materi ikatan kimia dengan. Model MRL membantu siswa dalam memahai fenomena makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, meningkatkan interaksi siswa, serta memperkuat kemampuan siswa dalam memecahkan masalah
4	Tania & Saputra (2020)	<i>The Use of Molecular Simulation-Assisted Discovery Learning in Improving Science Process Skills</i>	Pembelajaran <i>discovery</i> berbantuan simulasi dinamika molekul efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains

Tabel 1. Lanjutan

No	Peneliti	Judul	Hasil
			siswa pada materi kesetimbangan kimia
5	Levy (2013)	<i>How Dynamic Visualization Technology Can Support Molecular Reasoning</i>	Modul “Fase Materi dan Perubahan Fase” berbasis visualisasi dinamis yang dibuat dengan menggunakan WISE dan teknologi visualisasi dari <i>Concord Consortium</i> dapat meningkatkan pemahaman tingkat molekuler siswa dan siswa mampu menjelaskan hubungan gaya antarmolekul dengan perubahan fase.
6	Nkemakolam, Chinelo, & Jane (2018)	<i>Effect of Computer Simulations on Secondary School Students' Academic Achievement in Chemistry in Anambra State</i>	Simulasi komputer yang diadaptasi dari PhET <i>Simulation</i> pada materi Konsep Materi dan Konsep Gas efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran Kimia dibandingkan metode ceramah

F. Kerangka Berpikir

Ilmu kimia yang bersifat abstrak dan kompleks memerlukan representasi dalam memahami konsep-konsep kimia secara utuh. Terdapat tiga level representasi yang digunakan, yaitu level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Untuk memahami ketiga level representasi, diperlukan kompetensi representasional yang seharusnya dilatihkan dalam pembelajaran kimia. Salah satu kemampuan dalam kompetensi representasional adalah kemampuan translasi antarlevel representasi kimia, yaitu kemampuan untuk berpindah antara satu level representasi ke level representasi lainnya. Kemampuan ini merupakan kemampuan yang sangat dibutuhkan dalam pembelajaran kimia. Indikator dari kemampuan translasi antarlevel representasi kimia, yaitu membuat hubungan di berbagai representasi,

memetakan fitur dari satu representasi dari satu level representasi ke level representasi lainnya, dan menjelaskan hubungan di antara representasi-representasi tersebut.

Terdapat beberapa materi kimia yang membutuhkan kemampuan translasi antar-level representasi untuk memahaminya, salah satunya adalah laju reaksi. Namun nyatanya, masih ditemukan pembelajaran kimia di sekolah yang belum melibatkan tiga level representasi kimia secara bersamaan, terutama level submikroskopik, yang menyebabkan kesulitan siswa dalam memperoleh pemahaman konseptual. Salah satu solusi dalam mengatasi kesulitan ini adalah dengan menerapkan pembelajaran berbasis simulasi dinamika molekul.

Dalam menerapkan pembelajaran berbasis simulasi dinamika molekul, digunakan model pembelajaran *discovery* dengan simulasi *The Connected Chemistry Curriculum* dan *PhET Simulation*. Model pembelajaran *discovery* menuntut peran aktif siswa dalam menyelidiki dan menemukan sendiri solusi dari permasalahan yang disajikan, sehingga siswa dapat memperoleh sendiri pengetahuannya. Melalui keterlibatan siswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya, diharapkan pembelajaran yang dilakukan siswa menjadi pembelajaran bermakna.

Sintaks model pembelajaran *discovery*, antara lain stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan penarikan kesimpulan. Kemampuan translasi antarlevel representasi kimia dapat dilatihkan, terutama melalui tahap pengumpulan dan pengolahan data. Sebagai contoh, pada tahap stimulasi, siswa diberikan stimulus berupa gambar dan wacana terkait fenomena reaksi tablet effervesen dengan bentuk tablet yang utuh dan yang sudah dibagi menjadi empat bagian. Pada tahap identifikasi masalah, siswa diminta untuk menuliskan permasalahan yang muncul dalam wacana yang disajikan.

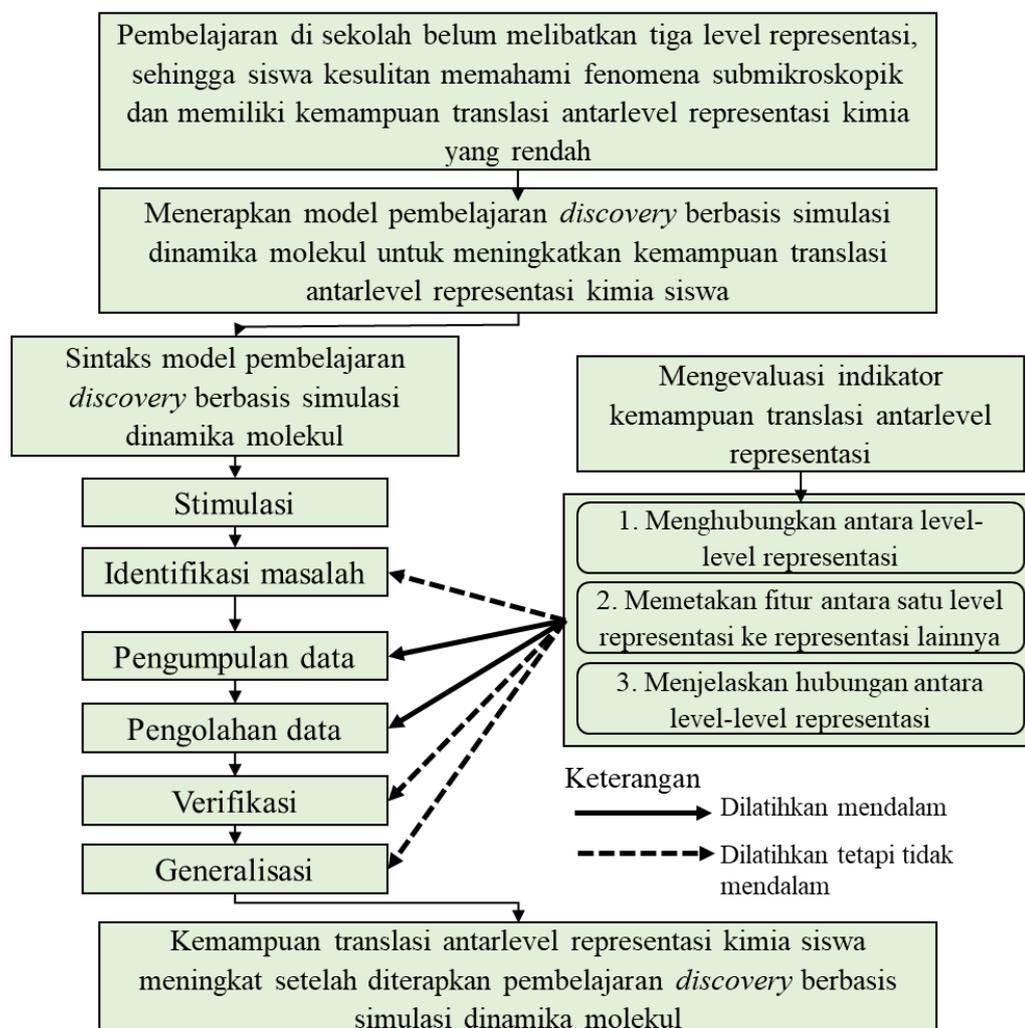
Pada tahap ketiga, yaitu pengumpulan data, siswa diminta untuk mengumpulkan data melalui pengamatan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dengan larutan HCl dan cangkang telur ($CaCO_3$) bentuk kepingan dan serbuk. Siswa

diminta mengamati reaksi yang terjadi serta perbedaan waktu tempuh reaksi akibat perbedaan luas permukaan $CaCO_3$, kemudian menuliskan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dan menggambarkan kondisi makroskopik dari percobaan yang dilakukan. Setelah siswa memahami pengaruh peningkatan luas permukaan terhadap laju reaksi, siswa melakukan percobaan menggunakan simulasi dinamika molekul *The Connected Chemistry Curriculum* untuk melihat bagaimana representasi submikroskopik dari reaksi yang telah dilakukan. Simulasi akan membuat siswa berlatih untuk memahami translasi antara fenomena makroskopik ke fenomena submikroskopik. Siswa kemudian menuliskan hasil pengamatannya pada tabel hasil pengamatan yang terdapat dalam LKPD. Pada tahap inilah, siswa dapat mengamati representasi submikroskopik dan simbolik dari suatu reaksi, kemudian menggambarkan representasi dari reaksi tersebut. Tahap pengumpulan data ini melatih siswa untuk membuat hubungan dan memetakan fitur representasi antara level submikroskopik dengan simbolik.

Selanjutnya, pada tahap pengolahan data, siswa diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LKPD terkait percobaan dengan simulasi dinamika molekul. Pada tahap ini, siswa dilatih untuk mengolah hasil percobaan simulasi yang didapat, menghubungkan hasil simulasi dengan teori tumbukan, menggambarkan representasi submikroskopik percobaan, dan menjelaskan bagaimana pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi menggunakan representasi submikroskopik dan simbolik dari reaksi yang dilakukan pada percobaan di laboratorium. Tahap ini mampu melatih ketiga indikator kemampuan translasi antarlevel representasi.

Setelah mengolah data, siswa diarahkan untuk lanjut pada tahap verifikasi, di mana siswa menyampaikan dan memverifikasi hasil pengolahan datanya melalui kegiatan tanya jawab dan diskusi dengan kelompok lain. Pada tahap penarikan kesimpulan, siswa diminta untuk menyimpulkan pengetahuan mereka pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi berdasarkan penjelasan submikroskopik dari teori tumbukan. Dengan demikian, diharapkan kemampuan translasi antarlevel

representasi kimia siswa dapat meningkat setelah diterapkan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul ini. Adapun diagram kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Kerangka Pemikiran

G. Anggapan Dasar

Beberapa anggapan dasar dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen memiliki kemampuan awal representasi kimia yang hampir sama

2. Perbedaan peningkatan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia terjadi karena perbedaan perlakuan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol
3. Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen diabaikan

H. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka hipotesis kerja dari penelitian ini adalah pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul efektif untuk meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa pada materi laju reaksi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMA Perintis 2 Bandarlampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMA Perintis 2 Bandarlampung tahun ajaran 2024/2025 yang mengambil peminatan Kimia yang terdiri dari delapan kelas, dengan jumlah siswa sebanyak 256 siswa. Sampel diambil dengan teknik *cluster random sampling* dan didapatkan kelas XI-7 sebagai kelas eksperimen dan XI-4 sebagai kelas kontrol. Kedua kelas memiliki jumlah siswa yang sama, yaitu sebanyak 30 siswa.

B. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuasi dengan desain penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design* (Creswell & Creswell, 2018). Diagram dari desain penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Desain penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*

Kelas eksperimen	O	X	O
Kelas kontrol	O	C	O

Keterangan:

- O : pretes dan postes kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa
- X : perlakuan berupa penerapan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul
- C : penerapan pembelajaran *discovery*

Sebelum pembelajaran dilaksanakan, kedua kelas diberikan pretes kemampuan translasi antarlevel representasi kimia (O). Selanjutnya, diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan model *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul (X) pada kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol diberikan pembelajaran *discovery* biasa, yaitu tidak berbasis simulasi dinamika molekul (C). Setelah pembelajaran laju reaksi selesai, kedua kelas diberikan postes kemampuan translasi antarlevel representasi kimia (O) untuk mengetahui pengaruh simulasi dinamika molekul terhadap kemampuan translasi antarlevel representasi kimia.

C. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri atas dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa.

D. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) menggunakan model *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul pada materi laju reaksi dan lembar kerja peserta didik (LKPD) dengan model *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul.

E. Instrumen Penilaian

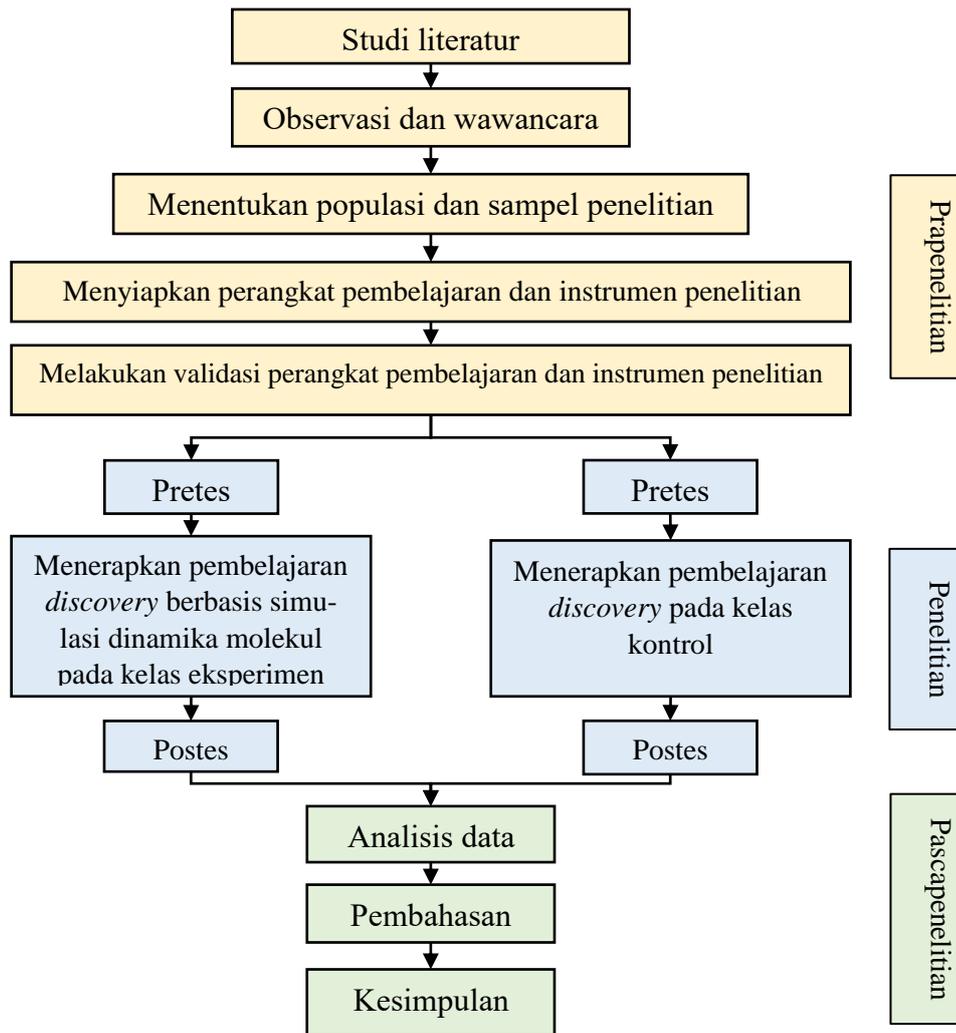
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Instrumen tes kemampuan translasi antarlevel representasi kimia materi laju reaksi yang berjumlah 4 soal *two tier test*. *Tier* pertama merupakan tipe soal pilihan jamak (*multiple choices*) dengan 3 opsi jawaban, yaitu a, b, c, dan d. *Tier* kedua merupakan tipe soal uraian yang meminta siswa untuk menjelaskan hubungan antara representasi yang ditampilkan pada soal dengan representasi yang dipilih di *tier* pertama.

2. Lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul yang diadaptasi dari (Pertiwi, 2023)

F. Alur Penelitian

Adapun alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Diagram alur penelitian

G. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tahap prapenelitian

- a. Melakukan studi literatur dalam penentuan materi yang akan diajarkan, kompetensi representasional yang akan diteliti, dan model pembelajaran yang tepat untuk melatih kompetensi representasional.
- b. Melakukan wawancara kepada guru Kimia kelas XI untuk memperoleh informasi berupa jumlah keseluruhan kelas XI yang mengambil peminatan Kimia, metode, media, dan model pembelajaran yang pernah digunakan guru dalam pelaksanaan pembelajaran, sarana dan prasarana yang terdapat di sekolah yang dapat mendukung pelaksanaan penelitian, kemampuan Kimia setiap kelas, serta kesulitan yang dihadapi guru selama pembelajaran laju reaksi.
- c. Menentukan populasi dan sampel penelitian.
- d. Mempersiapkan dan membuat perangkat pembelajaran, instrumen penilaian yang akan digunakan, serta simulasi dinamika molekul PheT *Simulation* dan *The Connected Chemistry Curriculum*.
- e. Melakukan validasi perangkat pembelajaran menggunakan *expert judgement* dari dosen pembimbing dan uji validitas isi instrumen penelitian dengan validitas empiris.
- f. Melakukan uji reliabilitas instrumen penelitian.

2. Tahap pelaksanaan penelitian

- a. Memberikan pretes kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum pelaksanaan pembelajaran untuk mengetahui kemampuan awal translasi antarlevel representasi kimia siswa.
- b. Melaksanakan kegiatan belajar mengajar materi laju reaksi dengan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul untuk kelas eksperimen dan model pembelajaran *discovery* tanpa simulasi dinamika molekul pada kelas kontrol. Pembelajaran dilaksanakan selama 4 pertemuan dengan alokasi pertemuan 1-3 sebanyak 2 x 40 menit, sedangkan pertemuan keempat 3 x 40 menit.
- c. Melakukan observasi dan penilaian terhadap keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* di kelas kontrol dan kelas eksperimen.

- d. Memberikan postes kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah pelaksanaan pembelajaran untuk mengetahui kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa setelah penerapan pembelajaran.

3. Tahap pascapenelitian

- a. Melakukan analisis data berupa analisis kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan.
- b. Menjelaskan dan memberikan interpretasi analisis data hasil penelitian menjadi suatu pembahasan.
- c. Menyimpulkan hasil penelitian berupa jawaban atas rumusan masalah dari penelitian yang telah dilakukan.

H. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini terdiri dari analisis validitas, reliabilitas, dan keberfungsian distraktor, analisis kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa, dan analisis keterlaksanaan model pembelajaran *discovery*.

1. Analisis Validitas, Reliabilitas, dan Keberfungsian Distraktor

a. Analisis validitas instrumen penelitian

Validitas yang digunakan dalam penelitian adalah validitas empiris. Instrumen tes diujicobakan kepada siswa kelas XII. Jumlah siswa kelas XII yang mengikuti uji coba adalah sebanyak 30 siswa. Selanjutnya, data yang diperoleh diuji validitasnya. 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}) lebih besar dari r_{tabel} .

Tingkat kesukaran butir soal dapat dihitung dengan rumus sebagai 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 pada suatu butir soal

Kriteria tingkat kesukaran disajikan 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
$0,70 < TK < 1,00$	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

Kriteria untuk daya pembeda soal disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Interpretasi Daya Pembeda

Daya Pembeda	Kriteria
0,70 – 1,00	Sangat baik
0,40 – 0,70	Baik
0,20 – 0,40	Cukup
0,00 – 0,20	Buruk
<0,00	Buruk Sekali

(Susanto *et al.*, 2015)

Perhitungan koefisien korelasi dilakukan dengan bantuan SPSS 25.0. Taraf signifikansi yang digunakan adalah sebesar 5%. Nilai r_{hitung} dengan jumlah sampel sebanyak 30 dan signifikansi 5% adalah sebesar 0,361.

b. Analisis validitas perangkat pembelajaran

Validitas isi dari perangkat pembelajaran dilakukan dengan *judgement* dari validator ahli. Validator untuk perangkat pembelajaran adalah dosen pembimbing. Dosen pembimbing melakukan pengujian validitas dengan menelaah isi dari perangkat pembelajaran, terutama kesesuaian antara model pembelajaran, tujuan penelitian, indikator yang akan dicapai, alokasi waktu, hingga tahapan pembelajaran yang telah dirancang. Apabila komponen-komponen tersebut sudah sesuai, maka perangkat pembelajaran dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk penelitian.

c. Analisis reliabilitas instrumen penelitian

Uji reliabilitas yang digunakan adalah dengan mengolah skor uji coba instrumen menggunakan bantuan SPSS dengan rumus *Cronbach's Alpha*. Nilai *Cronbach's Alpha* (α) yang didapat kemudian diinterpretasikan dengan kriteria derajat reliabilitas yang ditampilkan Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Kriteria Derajat Reliabilitas

Derajat Reliabilitas	Kriteria
$\alpha \geq 0,70$	Reliabel
$\alpha \leq 0,69$	Tidak reliabel

(Taber, 2017)

d. Analisis keberfungsian distraktor

Selain menganalisis validitas dan reliabilitas, instrumen *two-tier test* yang memiliki jenis soal pilihan jamak perlu dianalisis keberfungsian distraktornya.

Distraktor adalah pilihan jawaban salah yang berfungsi sebagai pengecoh dalam soal pilihan jamak. Analisis ini berfungsi untuk mengetahui apakah distraktor yang digunakan berfungsi atau tidak dalam mengecoh siswa. Distraktor yang tidak berfungsi menyebabkan hasil tes siswa tidak dapat dipastikan sesuai dengan kenyataan karena siswa dapat menebak opsi jawaban yang benar. Distraktor dikatakan berfungsi dengan baik apabila ada setidaknya 5% siswa yang memilih opsi tersebut. Berikut ini merupakan rumus untuk mengetahui persentase pemilih opsi jawaban. Perhitungan persentase pemilih distraktor adalah sebagai berikut.

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

2. Analisis data kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa

Tingkat kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa ditentukan berdasarkan nilai pretes dan postes yang diperoleh siswa. Data hasil pretes dan postes siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan cara sebagai berikut.

a. Perhitungan nilai siswa

Nilai siswa dapat diperoleh dari pengubahan skor menjadi nilai dengan rumus 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.

$$\text{nilai rata – rata siswa} = \frac{\text{jumlah nilai siswa}}{\text{jumlah siswa}}$$

Selanjutnya, 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 *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 rata-rata *n-gain* untuk setiap kelas. Persamaan yang digunakan untuk menghitung rata-rata *n-gain* adalah sebagai berikut.

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

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

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

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

Hake (1998)

c. Prasyarat pengujian secara statistika

Sebelum data *n-gain* dianalisis dengan uji perbedaan dua rata-rata, diperlukan prasyarat pengujian berupa uji normalitas dan homogenitas untuk menentukan jenis pengujian yang akan dilakukan selanjutnya, apakah menggunakan uji statistika parametrik atau uji statistika non-parametrik.

1) uji normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui normal atau tidaknya populasi dari suatu data. Apabila data hasil uji normalitas berdistribusi normal,

maka dapat dilakukan uji statistik parametrik. Data yang digunakan dalam uji normalitas adalah data *n-gain*. Uji normalitas ini dilakukan dengan aplikasi SPSS 25.0 dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Hipotesis dari uji normalitas adalah sebagai berikut.

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Kriteria uji normalitas, yaitu H_0 diterima apabila nilai sig. > 0,05.

2) uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui homogen tidaknya varians dari *n-gain* kedua kelas penelitian. Analisis uji homogenitas dilakukan dengan menggunakan uji *Levene* dengan aplikasi SPSS 25.0. Hipotesis dari uji homogenitas adalah sebagai berikut:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (kedua sampel memiliki varians homogen)

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (kedua sampel memiliki varians tidak homogen)

Keterangan:

σ_1^2 : varians skor kelas eksperimen

σ_2^2 : varians skor kelas kontrol

Kriteria uji homogenitas, yaitu terima H_0 apabila nilai sig. > 0,05.

d. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan menggunakan data rata-rata *n-gain* kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji perbedaan dua rata-rata bertujuan untuk mengetahui keefektifan perlakuan terhadap sampel, yaitu dengan membandingkan rata-rata *n-gain* kelas eksperimen dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol. Jika rata-rata *n-gain* kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dari rata-rata *n-gain* kelas kontrol, maka dapat dikatakan bahwa perlakuan kelas eksperimen, yaitu penerapan model *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul, efektif untuk meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa. Adapun hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut.

$H_0: \mu_{1x} = \mu_{2x}$ (tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi siswa kelas eksperimen dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol)

$H_1: \mu_{1x} \neq \mu_{2x}$ (terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi siswa kelas eksperimen dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol)

Keterangan:

μ_{1x} : rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi siswa kelas eksperimen

μ_{2x} : rata-rata *n-gain* kemampuan translasi antarlevel representasi siswa kelas kontrol

Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan *Independent Sample T-Test* karena *n-gain* kedua kelas berdistribusi normal. Kriteria pengujian hipotesis yaitu terima H_1 jika nilai sig. < 0,05.

e. Uji ukuran pengaruh (*effect size*)

Analisis terhadap ukuran pengaruh pembelajaran dengan model *discovery learning* berbasis simulasi dinamika molekul dalam meningkatkan kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa dilakukan uji *effect size*. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung *effect size* berdasarkan Cohen (1988).

$$d = \frac{m_A - m_B}{\sigma}$$

Keterangan:

d = *effect size*

m_A = rata-rata *n-gain* kelas eksperimen

m_B = rata-rata *n-gain* kelas kontrol

σ = standar deviasi gabungan (SD_{pooled})

Kriteria *effect size* menurut Cohen (1988) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria *effect size*

Kriteria	Efek
$d \leq 0,20$	Efek kecil
$0,20 < d \leq 0,50$	Efek sedang
$d \geq 0,80$	Efek besar

3. Analisis keterlaksanaan model pembelajaran *discovery*

Kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran menggunakan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul dapat dianalisis melalui langkah-langkah berikut.

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

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

Keterangan:

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

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika 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 yang menerapkan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul lebih tinggi dan memiliki perbedaan signifikan daripada *n-gain* rata-rata kelas kontrol yang menerapkan pembelajaran *discovery* tanpa simulasi dinamika molekul, *effect size* Cohen's *d* sebesar 1,92 yang berkategori efek besar, dan persentase rata-rata keterlaksanaan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul sebesar 87,07% yang berada pada kategori tinggi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan oleh peneliti, yaitu:

1. Kepada guru yang hendak mengimplementasikan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul, disarankan untuk memperhatikan kesiapan fasilitas sekolah sebelum pembelajaran serta menyiapkan rencana cadangan berupa rekaman layar dari jalannya simulasi yang dapat diakses siswa, sehingga pembelajaran dapat tetap berjalan meskipun terkendala jaringan internet.

2. Kepada calon peneliti yang tertarik untuk melakukan penelitian dengan menggunakan simulasi dinamika molekul, hendaknya memastikan kelas berada dalam kondisi yang kondusif agar setiap siswa dapat memahami tujuan dan prosedur penggunaan simulasi sesuai arahan pada saat pelaksanaan simulasi, sehingga waktu pembelajaran tidak tersita untuk menjelaskan tujuan dan prosedur berulang-ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33(2–3), 131–152.
- Ainsworth, S. (2007). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (3rd ed., Vol. 5, pp. 247–264). Springer Science+ Business Media.
- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14(3), 241–255.
- Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). Dynamic Visualizations: Tools for Understanding the Particulate Nature of Matter. In *Concepts of Matter in Science Education. Innovations in Science Education and Technology* (pp. 281–300). Springer, Dordrecht.
- Alabi, A.-H. A., Mohammed, R. E., & Yusuf, A. A. (2023). Gender Influence of PhET Simulation on Students' Score Level. *Physics Education Research Journal*, 5(2), 61–68.
- Badar, M. S., Shamsi, S., Ahmed, J., & Alam, M. A. (2020). Molecular Dynamics Simulations: Concept, Methods, and Applications. In *Transdisciplinarity* (pp. 131–151). Springer, Cham.
- Beichumila, F., Kafanabo, E., & Bahati, B. (2022). Exploring the Use of Chemistry-based Computer Simulations and Animations Instructional Activities to Support Students' Learning of Science Process Skills. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(8), 21–42.
- Brandriet, A. R. (2014). Investigating Students' Understandings Of The Symbolic, Macroscopic, and Particulate Domains Of Oxidation-Reduction And The Development Of The Redox Concept Inventory [Miami University]. In *Miami University ProQuest Dissertations Publishing* (Vol. 190, Issue 47).
- Bruner, J. S. (1961). the Act of Discovery. *In Search of Pedagogy Volume I*, 31, 21–32.

- Cakmakci, G. (2010). Identifying alternative conceptions of chemical kinetics among secondary school and undergraduate students in Turkey. *Journal of Chemical Education*, 87(4), 449–455.
- Chang, R. (2008). *General Chemistry: The Essential Concept* (5th ed.). Mc-Graw Hill.
- Chittleborough, G. D. (2004). The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Students' Mental Models of Chemical Phenomena. In *Curtin University of Technology*. Curtin University of Technology.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463–482.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Editio). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design* (5th ed.). SAGE Publications.
- Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-Learn: Does Meta-Analysis Show Differences Between Technology-Based Drawing and Paper-and-Pencil Drawing? *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 216–229.
- Dale, E. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching* (3rd Editio). The Dryden Press.
- Demelash, M., Andargie, D., & Belachew, W. (2024). Enhancing secondary school students' engagement in chemistry through 7E context-based instructional strategy supported with simulation. *Pedagogical Research*, 9(2), em0189.
- Dinçer, S. (2015). Effects of Computer-Assisted Learning on Students' Achievements in Turkey: A Meta-Analysis. *Journal of Turkish Science Education*, 12(1), 107–118.
- Falvo, D. A. (2008). Animations and simulations for teaching and learning molecular chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4(1), 68–77.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future*. In *Research: Science and Education 548 Journal of Chemical Education* • (Vol. 76, Issue 4).
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (3rd ed., pp. 3–24).
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and

Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In *Multiple Representations in Chemical Education* (4th ed., pp. 1–8). Springer Science+ Business Media B.V.

- 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*, *12*(1), 5–14.
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(1), 307–330.
- 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.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience With Developments, Implementation, and Research. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *5*(3), 247–264.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, *52*(2), 201–217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, *88*(1), 28–54.
- Jahjough, Y. M. A. (2014). The effectiveness of blended e-learning forum in planning for science instruction. *Journal of Turkish Science Education*, *11*(4), 3–16.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and Micro-Chemistry. *School Science Review*, *64*, 377–379.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. In *Journal of Computer Assisted Learning* (Vol. 7).
- Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Symposium on Revolution and Evolution in Chemical Education*, *70*(9), 701–705.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, *7*(2), 49–63.
- Kelly, R. M., Akaygun, S., Hansen, S. J. R., & Villalta-Cerdas, A. (2017). The effect that comparing molecular animations of varying accuracy has on students' submicroscopic explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, *18*(4), 582–600.
- Kolomuç, A., & Tekin, S. (2011). Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, *3*(2), 84–101.

- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. In *Journal Of Research In Science Teaching* (Vol. 34, Issue 9).
- Kozma, R. B., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. *Visualization in Science Education*, 121–146.
- Levy, D. (2013). How Dynamic Visualization Technology can Support Molecular Reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 702–717.
- 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.
- Mathewson, J. H. (2005). The visual core of science: Definition and applications to education. *International Journal of Science Education*, 27(5), 529–548.
- Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S., & Klopfer, E. (2005). How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis? *Cell Biology Education*, 4(FALL), 235–248.
- 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.
- Mukama, E., & Byukusenge, P. (2023). Supporting Student Active Engagement in Chemistry Learning with Computer Simulations. *Journal of Learning for Development*, 10(3), 427–439.
- Nadjamuddin, L., Amus, S., Jamaludin, J., Usman, S., Rore, I., Tadeko, N., & Zaky, M. (2020). Development of Hybrid Discovery Learning (HDL) Model for Integrated Social Studies Learning. *Technium Social Sciences Journal*, 28, 253–262.
- 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.
- Ni'mah, M., Subandi, S., & Munzil, M. (2020). Keefektifan Pembelajaran POGIL dengan Strategi Konflik Kognitif untuk Mengurangi Miskonsepsi pada Materi Laju Reaksi Kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(9), 1257.
- 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, July*, 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.

- Novita, R., & Aini, F. Q. (2022). Studi Literatur: Penggunaan Representasi Tetrahedral Chemistry dalam Pembelajaran Kimia Literature. *Entalpi Pendidikan Kimia*, 3(2), 17–23.
- Ozdem-Yilmaz, Y., & Bilican, K. (2020). Discovery Learning (Jerome Bruner – 1961). In *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory* (pp. 177–190). Springer International Publishing.
- Peechapol, C. (2021). Investigating the Effect of Virtual Laboratory Simulation in Chemistry on Learning Achievement, Self-efficacy, and Learning Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(20), 196–207.
- 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.
- Pertiwi, B. G. N. (2023). *Efektivitas Pembelajaran Discovery Berbasis Simulasi Dinamika Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Antarlevel Representasi Kimia Siswa pada Materi Titrasi Asam-Basa*. Universitas Lampung.
- Rahmawati, Y., Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' Conceptual Understanding In Chemistry. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303–326.
- Safitri, N. C., Nursaadah, E., & Wijayanti, I. E. (2019). Analisis Multipel Representasi Kimia Siswa pada Konsep Laju Reaksi. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(1), 1.
- Sanchez, J. M. P. (2018). Translational Skills of Students in Chemistry. *International Council of Association for Science Education*, 29(4), 214–219.
- 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).
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20. <http://www.tused.org>

- Smith, K. J., & Metz, P. A. (1996). Evaluating Student Understanding of Solution Chemistry through Microscopic Representation. *Journal of Chemical Education*, 73(3), 233–235.
- Stieff, M. (2011). Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1137–1158.
- 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.
- Sunyono. (2015). *Model Pembelajaran Multipel Representasi*. Media Akademi.
- 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.
- 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.
- Taber, K. S. (2009). Misconceiving chemistry: the mismatch between chemical concepts and student thinking. *School Science Review*, 91(335), 87–96.
- Taber, K. S. (2017). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the Chemistry triplet. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Talanquer, V. (2022). The Complexity of Reasoning about and with Chemical Representations. In *JACS Au* (Vol. 2, Issue 12, pp. 2658–2669). American Chemical Society.
- 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.
- Wang, Z., Chi, S., Luo, M., Yang, Y., & Huang, M. (2017). Development of an instrument to evaluate high school students' chemical symbol representation abilities. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 875–892.
- Yarroch, W. L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449–459.
- Yeziarski, E. J. E. J., & Birk, J. P. J. (2006). Misconceptions about the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 954–960.

Yupita, I. A., & Tjipto, W. (2013). Penerapan Model Pembelajaran Discovery untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPS di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(2), 1–9.