

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

(Skripsi)

**Oleh
CHOIRUL ANWAR
NPM 2013023013**



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

ABSTRAK

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

Oleh

CHOIRUL ANWAR

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa pada materi laju reaksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan desain penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Perintis 2 Bandar Lampung tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 390 siswa yang terbagi ke dalam 12 kelas. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik cluster random sampling, sehingga diperoleh kelas XI 8 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI 2 sebagai kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diterapkan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika kolekul, sedangkan kelas kontrol diterapkan model pembelajaran *discovery* tanpa menggunakan simulasi dinamika molekul.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata *n-gain* siswa pada kelas eksperimen sebesar 0,59 yang berkategori sedang. Hasil uji-t menunjukkan bahwa nilai rata-rata *n-gain* kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul efektif untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa pada materi laju reaksi.

Kata kunci : Pembelajaran *discovery*; simulasi dinamika molekul; laju reaksi; translasi satu level representasi.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF DISCOVERY LEARNING BASED ON MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION TO IMPROVE ONE LEVEL TRANSLATION ABILITY IN CHEMICAL REPRESENTATION FOR REACTION RATE MATERIAL

By

CHOIRUL ANWAR

This study aims to describe the effectiveness of discovery learning based on molecular dynamics simulations in improving students' one-level translation ability in chemical representations on the topic of reaction rates. The method used in this study is a quasi-experimental method with a Pretest-Posttest Control Group Design. The population of this study consisted of all 11th-grade students at SMA Perintis 2 Bandar Lampung in the 2024/2025 academic year, totaling 390 students divided into 12 classes. The research sample was selected using a cluster random sampling technique, resulting in class XI-8 as the experimental group and class XI 2-as the control group. The experimental class was taught using discovery learning based on molecular dynamics simulations, while the control class was taught using discovery learning without molecular dynamics simulations.

The results showed that the average n-gain score of students in the experimental class was 0.59, categorized as moderate. A t-test indicated a significant difference in the average n-gain score between the experimental and control classes. Based on these findings, it can be concluded that discovery learning based on molecular dynamics simulations is effective in improving students' one-level translation ability in chemical representations on the topic of reaction rates.

Keywords: discovery learning; molecular dynamics simulations; reaction rates; one level translation

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

**Oleh
CHOIRUL ANWAR**

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**

Judul Skripsi

: **EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBASIS SIMULASI DINAMIKA MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TRANSLASI SATU LEVEL REPRESENTASI KIMIA PADA MATERI LAJU REAKSI**

Nama Mahasiswa

: **Choirul Anwar**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2013023013**

Program Studi

: **Pendidikan Kimia**

Jurusan

: **Pendidikan MIPA**

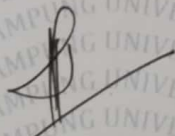
Fakultas

: **Keguruan dan Ilmu**

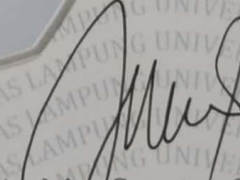
Pendidikan

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

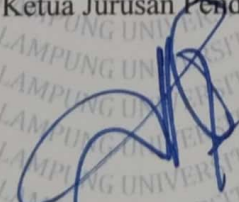

Lisa Tania, S. Pd., M.Sc.

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 0

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.**

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono. M.Si.

NIP 19631230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Desember 2024

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Choirul Anwar

NPM 2013023013

Program Studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan MIPA

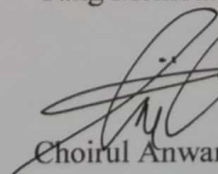
Judul Skripsi : Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi
Dinamika Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan
Translasi Satu Level Representasi Kimia Pada
Materi Laju Reaksi

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah saya yang tertulis dalam bentuk skripsi sebagaimana disebutkan di atas merupakan hasil karya saya sendiri dan saya bertanggung jawab secara akademis atas apa yang telah saya tulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan benar tanpa ada tekanan atau paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat ketidakbenaran pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandarlampung, 24 Desember 2024

Yang Membuat Pernyataan,


Choirul Anwar
NPM 2013023013



PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin, ucapan terima kasih dan syukur tak henti terucap atas segala nikmat dan karunia Allah SWT sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya ini kupersembahkan untuk;

Kedua orang tuaku Bapak Paiman dan Nur Hasanah, serta kakakku Asih Mei Yustanti dan Amilatun Maghfiroh, serta seluruh sanak saudara yang telah memberi dukungan dan doa agar senantiasa diberikan segala kemudahan dalam menyelesaikan segala urusan dalam meraih cita-citaku.

Para pendidikku, yang telah mengajarkan banyak hal.

Almamaterku,
Universitas Lampung.

RIWAYAT HIDUP



Choirul Anwar dilahirkan di Metro pada 23 Januari 2002. Ia merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara, putra pasangan Bapak Paiman dan Ibu Nur Hasanah. Choirul mengawali pendidikan formalnya di SD Negeri 8 Metro Timur dan lulus pada tahun 2014. Ia melanjutkan pendidikannya ke SMP Negeri 4 Metro, yang diselesaikannya pada tahun 2017.

Pendidikan tingkat atas ditempuh di MAN 1 Metro dan selesai pada tahun 2020. Pada tahun yang sama, Choirul diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan MIPA, FKIP Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, Choirul aktif di berbagai organisasi. Pada tahun 2022, Ia dipercaya menjadi Ketua Umum Forum Studi Mahasiswa Kimia (FOSMAKI) Unila. Selain itu, ia juga terlibat dalam berbagai kegiatan lainnya yang mendukung pengembangan dirinya, baik di bidang akademik maupun non-akademik.

Dalam bidang prestasi, Choirul berhasil meraih sejumlah penghargaan, antara lain:

- Medali Perunggu dalam *International Walisongo Science Competition*
- Medali Perunggu dalam *Satya Wacana National Olympics*
- Finalis ON-MIPA

Dengan komitmen yang tinggi terhadap pendidikan dan pengembangan diri, Choirul Anwar terus berusaha memberikan kontribusi terbaik dalam setiap langkah perjalanannya akademik.

MOTTO

"Nothing in life is to be feared, it is only to be understood. Now is the time to understand more, so that we may fear less."

— Marie Curie

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta hidayah-Nya, sehingga skripsi dengan judul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Dinamika Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Satu Level Representasi Kimia Pada Materi Laju Reaksi” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Pendidikan di FKIP Universitas Lampung dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan semoga kita mendapatkan syafa’atnya di hari akhir nanti. Dalam kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si selaku Dekan FKIP Universitas Lampung sekaligus Pembahas yang telah memberi bimbingan, krtitik, dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
3. Ibu Dr. M. Setyorini, M.Si sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., sebagai Pembimbing I serta Pembimbing Akademik, atas perhatian dan kesediannya memberi bimbingan , motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II yang atas perhatian dan ketersediaan memberi bimbingan serta motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Kimia dan jurusan Pendidikan MIPA yang telah memberi ilmu selama perkuliahan.
7. Kepada SMA Perintis 2 Bandarlampung dan Ibu Nia Maulina, S.Pd. selaku guru mitra mata pelajaran kimia yang telah membantu dalam penelitian ini.

8. Kepada teman teman kelompok skripsi *representational competences*, Athifah, Anfasa, Emilia, Ervi, dan Emilia yang selalu membantu saya dalam setiap tahapan skripsi ini.
9. Kepada Partner saya, Nurul Maghfiroh yang selalu menemani dalam setiap langkah dan perjalanan saya dari awal kuliah hingga setiap tahapan skripsi ini.
10. Kepada seluruh elemen mahasiswa pendidikan kimia yang selalu memberikan bantuan dan support dalam setiap perjalanan kuliah saya.
11. Teman-teman Pendidikan Kimia Angkatan 2020, khususnya kelas A terima kasih atas bantuan, kasih sayang, canda tawa yang diberikan selama perkuliahan.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi siapapun yang membaca dan bagi peneliti lainnya.

Bandarlampung, 2024

Choirul Anwar
NPM 2013023013

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
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. Kompetensi Representasi	9
C. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi Molekul	10
D. <i>Discovery Learning</i>	13
E. Penelitian Relevan	16
F. Kerangka Berpikir.....	17
G. Anggapan Dasar	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Populasi dan Sampel Penelitian	21
B. Desain Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	22
D. Perangkat Pembelajaran	22
E. Instrumen Penilaian	23
F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	23
G. Analisis Data.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Validitas, Reliabilitas, dan Keberfungsian Distraktor Instrumen Penelitian.....	32
B. Nilai Rata-Rata Pretes dan Postes Kemampuan Translasi Satu Level Representasi Kimia Siswa	33

C. <i>N-gain</i> Rata-Rata Kemampuan Translasi Satu Level Representasi Kimia	35
D. Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	36
E. <i>Effect Size</i>	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
A. Kesimpulan	65
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	72
Lampiran 1. Modul Ajar (RPP) Kurikulum Merdeka Kelas Kontrol	73
Lampiran 2. Modul Ajar (RPP) Kurikulum Merdeka Kelas Eksperimen	79
Lampiran 3. LKPD Kelas Kontrol	87
Lampiran 4. LKPD Kelas Eksperimen	93
Lampiran 5. Instrumen Penelitian	102
Lampiran 6. Surat Bukti Penelitian	113
Lampiran 7. Hasil Uji Validitas, Reliabilitas, Dan Keberfungsian Distraktor	115
Lampiran 8. Hasil Pretes Postes Kelas Eksperimen	118
Lampiran 9. Hasil Pretes-Postes Kelas Kontrol	120
Lampiran 10. Nilai <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen	122
Lampiran 11. <i>N-Gain</i> Kelas Kontrol	123
Lampiran 12. Hasil Uji Normalitas Dan Homogenitas	124
Lampiran 13. Hasil Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	125
Lampiran 14. Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran	126
Lampiran 13. Data Hasil Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran	135
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian	136

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Pretest-Posttest Control Group Design</i>	21
2. Kriteria Derajat Reliabilitas	26
3. Klasifikasi n-gain	28
4. Kriteria <i>effect size</i>	30
5. Hasil Uji Validitas Instrumen	32
6. Hasil Analisis Distraktor	33
7. Hasil Uji Normalitas	38
8. Hasil Uji Homogenitas.....	38
9. Hasil Uji Perbedaan Dua Rata-Rata.....	39
10. Hasil <i>effect size</i>	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Beranda <i>PhET Interactive Simulation</i>	12
2. Beranda <i>The Connected Chemistry</i>	13
3. Diagram kerangka pemikiran.	19
4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	25
5. Nilai Rata-rata Pretes-postes Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	34
6. N-gain Rata-rata Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	35
7. Persebaran N-gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	36
8. Peningkatan pencapaian indikator kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa kelas eksperimen	55
9. Soal Nomor 1.4 Tier 1 dan Tier 2	56
10. Contoh jawaban siswa pada soal No 1.4; (a) Pretes, (b) Postes.	57
11. Soal Nomor 3 Tier 1 dan Tier 2	59
12. Jawaban siswa nomor 3 tier 1 dan tier 2; (a) Pretes, (b) Postes	60
13. Soal Nomor 4 Tier 1 dan 2.....	62
14. Jawaban siswa nomor 4 tier 1 dan tier 2; (a) Pretes, (b) Postes	64

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang interaksi materi secara mikroskopis dan makroskopis serta pengaruhnya terhadap materi (Hidayaturohman et al, 2019; Horne, 1978). Ilmu kimia berisikan konsep-konsep yang kompleks dan abstrak dalam sistem yang saling berhubungan (Chiu, 2022). Pemahaman ilmu kimia bergantung pada hal-hal yang tidak dapat dilihat dan disentuh. Hal ini membutuhkan suatu pendekatan berupa representasi (Kozma & Russell, 1997). Kompetensi representasi dalam ilmu kimia penting untuk membantu pemahaman berpikir, berkomunikasi terhadap fenomena kimia (Padalkar & Hegarty, 2012).

Kemampuan representasi terbagi menjadi tiga antara lain makroskopik, simbolik dan mikroskopik. Level makroskopik berupa pengamatan yang terkait dengan perubahan warna, titik didih dan kelarutan. Level submikroskopik mencakup reaksi yang terjadi dalam suatu perubahan materi, sedangkan simbolik mencakup persamaan reaksi dan rumus kimia (Hidayaturohman et al, 2019; Johnstone, 1991; Luviani, 2021). Sebagai contoh, seorang siswa melakukan percobaan pengaruh suhu terhadap laju reaksi, ia meletakkan kertas bertanda "X" di bawah gelas beaker berisi larutan tidak berwarna natrium tiosulfat 1 M yang dipanaskan hingga 50 C. Kemudian selang waktu 20 detik, kertas bertanda "X" tersebut tertutupi oleh larutan yang berubah menjadi keruh. Pada percobaan ini, kemampuan representasi siswa berupa makroskopik yaitu mengetahui adanya perubahan warna pada larutan, kemudian secara simbolik siswa dapat menuliskan rumus kimia beserta persamaan reaksi terjadinya pemanasan larutan natrium tiosulfat dan secara submikroskopik siswa dapat mengetahui proses reaksi pemanasan natrium

tiosulfat tersebut. Oleh karena itu, representasi dan visualisasi dalam kimia mendukung pengembangan pemahaman siswa dalam ilmu kimia (Kozma & Russell, 2005).

Kompetensi representasi adalah suatu keterampilan yang memungkinkan seseorang untuk menggunakan beberapa visualisasi atau representasi. Kemampuan kompetensi pada suatu materi kimia pada suatu fitur dapat merepresentasikan makna (Chi et al, 1981; Kozma & Russell, 1997) atau suatu penerapan aturan simbolik (Krajcik, 1991) kemampuan ini akan digunakan untuk beberapa variasi representasi untuk menjelaskan suatu fenomena, menyelesaikan masalah atau membuat prediksi pada suatu percobaan (Kozma & Russell, 2005). Terdapat tiga level kompetensi representasi antara lain interpretasi makna, translasi satu level dan translasi antarlevel.

Translasi satu level merupakan kemampuan untuk mendeskripsikan bagaimana beberapa representasi dapat menjelaskan suatu hal yang sama dengan cara yang berbeda dan kemampuan untuk menjelaskan bagaimana suatu representasi dapat menjelaskan hal yang berbeda atau sesuatu yang tidak dapat dikatakan dengan yang lainnya (Kozma & Russell, 2005). Kemampuan ini bermanfaat untuk menguji pemahaman siswa terhadap sesuatu yang telah dipelajari. Adapun contohnya antara lain adalah mengungkapkan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi pada suatu reaksi yang berbeda atau juga dapat menggambarkan grafik pengaruh katalis terhadap laju reaksi.

Berdasarkan hasil wawancara bersama guru kimia kelas XI di SMA Perintis 2 Bandar Lampung, pembelajaran menggunakan kurikulum merdeka. Pembelajaran menggunakan model *inquiry learning* dalam mata pelajaran kimia. Beberapa kendala yang dihadapi antara lain kesulitan guru dalam mengatasi permasalahan siswa yang kurang responsif dalam pembelajaran sehingga sering diterapkan model konvensional. Hal ini juga menjadikan pembelajaran yang dilakukan belum mencakup tiga level representasi kimia secara bersamaan. Representasi yang digunakan berupa pernyataan simbolik dari penamaan dan simbol suatu unsur sedangkan representasi submikroskopis yang digunakan dalam pembelajaran kimia, yaitu penggunaan *molymod* dalam merepresentasikan suatu

senyawa pada materi tata nama senyawa hidrokarbon. Representasi makroskopis dilibatkan dalam praktikum di laboratorium dengan rincian untuk kelas XI baru sekali melakukan praktikum mengenai materi asam-basa. Hal ini dikarenakan laboratorium kimia sekolah sedang dalam tahap perbaikan. Saat proses pembelajaran, guru belum pernah menggunakan *software* atau media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan fenomena kimia pada tingkat makroskopis, simbolik, dan submikroskopis. Pada saat materi laju reaksi di semester sebelumnya guru menggunakan metode konvensional dengan menjelaskan materi yang terdapat pada papan tulis, lalu melakukan praktikum secara berkelompok yang hasilnya kemudian dipresentasikan oleh siswa, serta mengerjakan soal latihan. Sedangkan, pada materi laju reaksi sangat membutuhkan keterlibatan tiga level representasi kimia (makroskopis, simbolik, dan submikroskopis) secara bersamaan dalam membantu siswa memahami konsep laju reaksi. Ketidakterlaksananya tiga level representasi kimia secara bersamaan, akan mempengaruhi kompetensi representasi terutama pada kemampuan interpretasi makna siswa yang menjadi rendah.

Berdasarkan penelitian menurut Hidayaturohman, 2019 pada materi reaksi pada alcohol sebanyak 90,22 % siswa telah memahami reaksi alcohol menggunakan tiga level representasi berdasarkan pembelajaran berbasis multimedia. Menurut Nurdiyanti et al, 2020 pada materi sel volta, sebagian besar siswa menganggap perlu adanya pembelajaran berbasis representasi untuk dalam bahan ajar kimia untuk memperlancar proses pembelajaran. Menurut Sanchez, 2021, tentang pemahaman teori kinetik molekul pada tiga representasi meningkatkan pemahaman konsep siswa pada hal ini yaitu pada teori kinetik molekul.

Pembelajaran berbasis simulasi melibatkan penggunaan simulasi komputer interaktif untuk membantu siswa dengan kemampuan awal yang berbeda (Liu et al 2008) dengan melibatkan siswa dalam mengeksplorasi ide-ide ilmiah dan ide-ide baru (Wieman et al, 2008) dan memberikan dukungan dan bimbingan melalui umpan balik (So et al, 2019). Pembelajaran kimia berbasis simulasi menggunakan pemodelan statis dan dinamis akan memberikan dampak berbeda pada level representasi siswa (Akaygun, 2016; Langitasari, 2018). Pembelajaran kimia berbasis

simulasi dinamis telah meningkatkan motivasi belajar siswa dan kemampuan siswa. Pembelajaran visual dinamis pada representasi molecular memiliki hasil belajar yang lebih tinggi dan konsisten ketika menggunakan tiga level representasi (Ardac, 2005). Pembelajaran berbasis simulasi statis ditemukan bahwa tidak adanya perbedaan signifikan dalam pembelajaran antara representasi statis dan animasi dari mekanisme reaksi, namun mencatat bahwa terdapat perbedaan perolehan belajar pada kemampuan spasial (Bongers, 2020).

Pembelajaran konstruktivis menekankan pembelajaran aktif yang melibatkan strategi kognitif, metakognitif, afektif dan dimana siswa mengkonstruksikan pengetahuan (Anthony, 1996; Ari, 1998). Salah satu contoh pembelajaran konstruktivis kognitif adalah *discovery learning* (Jong & Joolingen, 1998) yang bertujuan untuk membantu siswa dalam memperoleh sikap, keterampilan dan pengetahuan ilmiah dalam memecahkan masalah (Yilmaz et al, 2020). Pembelajaran kimia berbasis simulasi dapat dipandu dengan pendekatan konstruktivisme (Jong & Joolingen, 1998) sehingga dapat dilakukan pembelajaran berbasis simulasi menggunakan model pembelajaran *discovery learning*.

Pada penerapan model *discovery learning* berbantuan simulasi dinamika molekul akan menghasilkan dampak positif dalam meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa. Pada tahap pengumpulan data siswa dapat mendeskripsikan suatu representasi yang berbeda dapat menyatakan hal yang sama dengan cara yang berbeda dan menjelaskan suatu representasi dapat menyatakan hal yang berbeda atau sesuatu yang tidak dapat diungkapkan dengan lainnya. Penggunaan media pembelajaran simulasi dinamika molekul berupa *The Connected Chemistry Curriculum* dan PhET (*Physic Education Technology*). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi siswa pada materi laju reaksi, peneliti menentukan judul “Efektifitas Pembelajaran *Discovery Learning* Berbasis Simulasi Dinamika Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan Translasi Satu Level Representasi Pada Materi Laju Reaksi”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas model *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia pada materi laju reaksi?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut mendeskripsikan efektivitas model *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia pada materi laju reaksi.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian efektivitas model *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia pada materi laju reaksi diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Siswa
Mendapat pengalaman dalam pembelajaran menggunakan simulasi dinamika molekul untuk membantu memahami materi laju reaksi.
2. Guru
Dapat menjadi referensi model pembelajaran untuk mengatasi kesulitan dalam memvisualisasikan fenomena submikroskopis pembelajaran kimia yang membutuhkan pemahaman kemampuan representasi.
3. Sekolah
Dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi sekolah untuk meningkatkan mutu pembelajaran kimia yang melatih kemampuan representasi siswa.
4. Peneliti lain
Dapat dijadikan referensi atau rujukan lain dalam mengkaji penelitian serupa.

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 nilai *n-gain* rata-rata kelas eksperimen setidaknya berada pada kategori sedang dan lebih tinggi daripada *n-gain* kelas kontrol, dengan perbedaan *n-gain* rata-rata antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol yang signifikan (Rusilowati, 2013) .
2. Model pembelajaran *discovery* terdiri dari enam sintaks atau tahapan, yaitu stimulasi, pernyataan masalah, pengumpulan data, pemrosesan data, verifikasi dan generalisasi (Brunner, 1962).
3. Simulasi dinamika molekul yang digunakan dalam penelitian ini adalah PhET *Interactive Simulations* yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/in/> dan *The Connected Chemistry Curriculum* yang dapat diakses melalui <https://sims.connchem.org/>.
4. Cakupan materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
5. Indikator kemampuan translasi satu level representasi kimia pada penelitian ini merujuk pada kemampuan representasional menurut (Kozma & Russel, 2005), yaitu mendeskripsikan bagaimana beberapa representasi berbeda dapat menyatakan hal yang sama dengan cara yang berbeda dan menjelaskan suatu representasi dapat menyatakan hal yang berbeda atau sesuatu yang tidak dapat diungkapkan dengan lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Representasi Kimia

Representasi kimia adalah cara untuk menggambarkan konsep kimia melalui tiga level representasi, yaitu makroskopik, simbolik, dan mikroskopik. Representasi ini penting untuk membantu siswa memahami konsep kimia dengan lebih mudah (Hidayaturohman et al, 2019;Johnstone,1991).

Representasi kimia mengacu pada berbagai cara menyampaikan informasi tentang zat kimia, reaksi, dan proses. Penelitian di bidang ini sering kali membahas berbagai tingkat representasi kimia, yang dapat dikategorikan ke dalam tingkat makroskopis, submikroskopis, dan simbolik (Luviani et al, 2021). Tingkatan ini mencakup berbagai representasi, mulai dari sifat dan perilaku sistem kimia yang dapat diamati hingga struktur atom dan molekul serta interaksinya.

Misalnya, tingkat makroskopis mencakup pengamatan seperti warna, titik didih, dan kelarutan, sedangkan tingkat submikroskopis mencakup struktur atom dan molekul, ikatan, dan konfigurasi elektronik. Tingkat simbolik meliputi rumus kimia, persamaan, dan diagram, seperti struktur Lewis dan model molekul (Luviani et al, 2021).

Representasi kimia juga relevan dalam konteks pembelajaran mesin dan optimasi, dimana reaksi kimia diterjemahkan ke dalam format yang dapat dibaca mesin untuk memfasilitasi optimasi loop tertutup dan prediksi reaksi (Pomberger et al,2022). Dalam pendidikan, representasi kimia merupakan aspek penting dalam pembelajaran, dan media interaktif yang berisi berbagai tingkat representasi telah dikembangkan untuk meningkatkan pemahaman konsep kimia, seperti hidrolisis garam (Zamhari et al, 2021).

Konsep representasi kimia tidaklah statis, dan penelitian terus mengeksplorasi istilah dan metode baru untuk menyampaikan informasi kimia dengan lebih baik, sebagaimana dibuktikan dengan artikel ulasan dan pengembangan materi pendidikan (Adriani,2021; Luviani,2021; Zamhari, 2021).

Representasi dianggap sebagai siklus spekulatif, dinamis, dan cerdas, sebagai perseptual untuk membayangkan-kan, membayangkan, menusuk, menegaskan, dan berpikir (Chittleborough, & Treagust, 2007). Fenomena kimia dapat ditunjukkan melalui representasi sebagai penegasan. Model mental internal, skema, atau pemikiran eksternal juga dapat menghasilkan representasi (Ramnarain & Joseph, 2012). Representasi juga dapat digunakan menjadi instrumen dalam mengkoordinasikan dan membayangkan berbagai konteks, tujuan, serta dimensi. (Taber, 2013). Johnstone dan Candrasegaran dalam Ramnarain dan Joseph (2012) menyatakan bahwa tiga tahap representasi kimia simbolik, submikroskopik, dan makroskopik bisa digunakan untuk memahami kimia. Ada hubungan antara ketiga level tersebut. Tingkat representasi kimia dijelaskan di bawah ini:

- a. Level representasi simbolik merupakan beberapa simbol, rumus, dan persamaan reaksi, perhitungan matematis, stoikiometri, dan diagram. Persamaan kimia ditulis dalam representasi simbolik, yang berarti bahwa aturan tertentu harus diikuti.(Billah, & Widiyatmoko, 2018)
- b. Representasi kimia yang dikenal sebagai "representasi makroskopik" berasal dari pengamatan nyata dan fenomena yang dapat secara langsung atau tidak langsung dirasakan oleh panca indera pada tingkat indera. Pengadaan persepsi ini dapat melalui persepsi sehari-hari dan pemeriksaan laboratorium asli. Misal ketika terjadi reaksi, endapan, pembentukan gas, pH larutan, suhu, dan perubahan warna bisa dilakukan pengamatan.(Billah, & Widiyatmoko, 2018)
- c. Representasi submikroskopik adalah representasi kimia yang menguraikan mengenai proses dan struktur dari fenomena makroskopik yang diamati pada tingkat partikel (atom, molekul, dan ion). Tingkat rangkaian yang bisa mengidentifikasi lebih kecil dari nanoskopik ini disebut dengan sub mikroskopik. Bekerja pada level submikroskopik membutuhkan kapasitas untuk mem-

bayangkan dan berimajinasi. Pada tingkat ini, model representasi dapat diekspresikan dalam berbagai cara, dari yang langsung hingga yang dihasilkan komputer, model tiga dimensi yang dapat bergerak dan diam (animasi). (Billah, & Widiyatmoko, 2018)

B. Kompetensi Representasi

Kompetensi representasional merupakan suatu proses dinamis dan timbal balik antara pengalaman direpresentasikan dan dikembangkan melalui proses representasi (Smagorinsky, 1997). Kompetensi representasional dalam kimia merupakan perangkat keterampilan dan praktik yang memungkinkan seseorang untuk memvisualkan pemikiran, komunikasi dan tindakan secara reflektif terhadap fenomena kimia (Padalkar & Hegarty, 2012). Kompetensi representasi berarti kemampuan merepresentasikan pengetahuan dalam bentuk kalimat, persamaan, rumus serta diagram atau gambar serta mengkordinasikan dan menerjemahkannya ke dalam makna yang setara (Hettmannsperger et al, 2015).

Kompetensi representasional menurut Kozma dan Russell, 2005 merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan serangkaian keterampilan praktik seseorang dalam menggunakan berbagai representasi secara reflektif atau visualisasi, sendiri maupun bersama - sama, untuk dipikirkan, dikomunikasikan, serta ditindaklanjuti terkait fenomena kimia yang kaitannya dengan entitas fisik yang mendasari dan proses persepsi.

Terdapat tujuh kompetensi kimia yang dibutuhkan oleh siswa :

- a. Memakai fitur dan representasi yang digunakan menjadi bukti dalam memprediksi, menyimpulkan, dan mendukung klaim mengenai fenomena kimia yang diamati
- b. Memahami bahwasanya representasi sesuai akan tetapi memiliki perbedaan dari kejadian yang ditinjau.
- c. Menghubungkan beberapa representasi dengan menguraikan hubungannya

- d. Kemampuan menguraikan representasi yang memiliki perbedaan dapat menjelaskan sebuah persoalan yang sama melalui cara yang berbeda dan kemampuan menjelaskan satu representasi dapat menjelaskan satu hal yang berbeda
- e. Melakukan analisis dan identifikasi mengenai pola dari beberapa fitur representasi layaknya perilaku molekul pada sebuah animasi.
- f. Memilih dan menggenerasikan sebuah representasi dan menguraikan mengapa representasi ini sesuai dengan tujuan khusus.
- g. Memakai representasi dalam menghubungkan tingkat molekuler kimia dan makroskopik.(Kozma & Russell, 2005)

Level representasional siswa mengevaluasi pemahaman siswa dengan menghubungkan tiga level yaitu makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Maroo et al, 2018). Tingkat representasi dalam kimia bersifat makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Kemampuan translasi satu level kimia siswa merupakan kemampuan siswa dalam mentranslasikan satu level representasi kimia ke dalam satu representasi serupa, level representasi simbolik ke simbolik atau dari submikroskopis ke submikroskopis. Kemampuan siswa dalam mendeskripsikan suatu representasi yang berbeda dapat menyatakan hal yang sama dengan cara yang berbeda dan menjelaskan suatu representasi dapat menyatakan hal yang berbeda atau sesuatu yang tidak dapat dikatakan dengan lainnya.

C. Pembelajaran Kimia Berbasis Simulasi Molekul

Pada materi sains, umumnya tiap materi yang disampaikan pada pembelajaran membutuhkan praktikum untuk menyokong capaian pembelajaran. Beberapa riset mengindikasikan bahwasanya eksperimen berperan penting pada pendidikan teknik dan sains (Pekdağ, 2010). Masih ditemukan sekolah-sekolah yang tidak menjalankan praktikum. Hal ini disebabkan minimnya pemahaman guru mengenai seberapa penting kegiatan tersebut, fasilitas bahan dan alat yang tidak

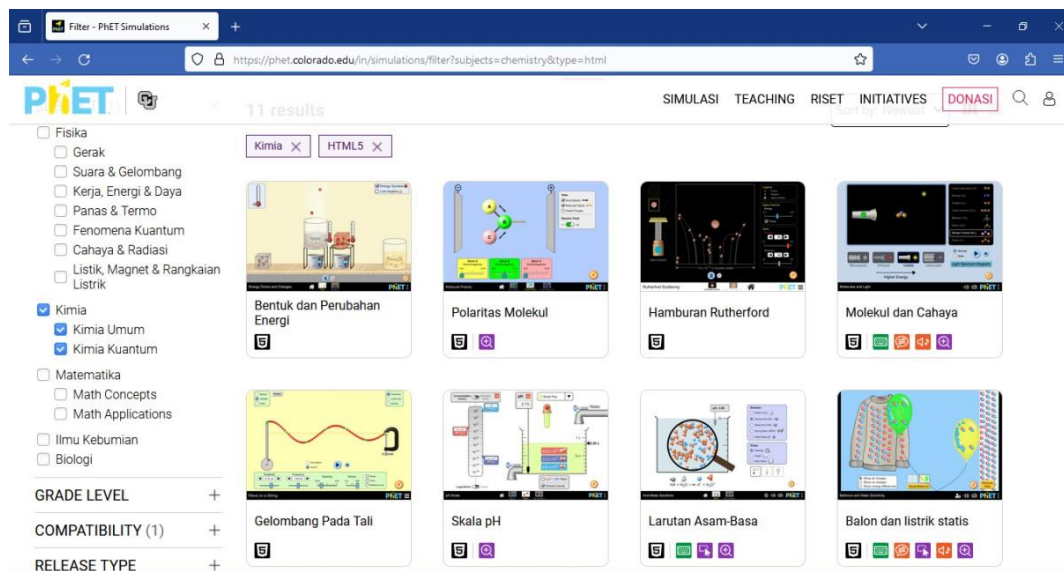
memadai sehingga menyebabkan minimnya pengalaman dan pemahaman yang didapatkan siswa (Plass et al, 2012).

Materi kimia mencakup dua elemen yakni praktikum dan teori. Ilmu kimia ialah sebuah cabang ilmu yang berkonsep abstrak. Sebuah contoh materi pada kimia ini memerlukan eksperimen yang dilakukan di laboratorium mengenai simulasi molekul serta visualisasi dalam menguraikan konsep abstrak (Cai & Chiang, 2014).

Simulasi dinamika molekul dan perangkat lunak dengan model molekul terkomputerisasi adalah metode pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa (Koomson et al., 2020). Tujuan penggunaan simulasi dinamika molekul serta perangkat lunak pemodelan molekul terkomputerisasi cocok dengan filsafat konstruktivisme dan teori konseptual. Simulasi komputer memiliki potensi yang baik untuk meningkatkan proses pembelajaran konsep yang membuat siswa terlibat aktif dalam pembelajaran berbasis pengalaman merupakan kunci pembangunan pengetahuan baru (Liu & Lesniak, 2005). Pembelajaran virtual merupakan bentuk pembelajaran yang diadaptasi secara luas seiring dengan peningkatan pengalaman siswa baik di dalam maupun luar kelas. Dengan memperkenalkan simulasi kepada siswa sebagai bentuk pembelajaran di dalam kelas, siswa dapat terfokus dalam tujuan pembelajaran dengan dibantu oleh simulasi. Tujuan tersebut yaitu kemampuan untuk terlibat dalam eksplorasi ilmiah, seperti aktif mengajukan pertanyaan, merancang percobaan, serta menganalisis data. Meningkatkan pemahaman konseptual dalam menggunakan suatu model, menentukan sebab – akibat suatu hubungan, serta representasi. Tujuan lainnya adalah menghubungkan pengetahuan yang dimiliki dengan kehidupan sehari – hari, memandang sains sebagai hal yang menyenangkan, serta memiliki pengalaman belajar (Moore et al., 2013).

Pada pembelajaran kimia, menyampaikan materi menggunakan visualisasi animasi serta simulasi dinamika molekul dapat membangun imajinasi siswa serta membantu siswa dalam memahami konsep – konsep kimia yang abstrak dan kompleks (Gilbert, 2005). Salah satu media pembelajaran yang memanfaatkan teknologi serta menyediakan simulasi fenomena fisik adalah virtual laboratory PhET

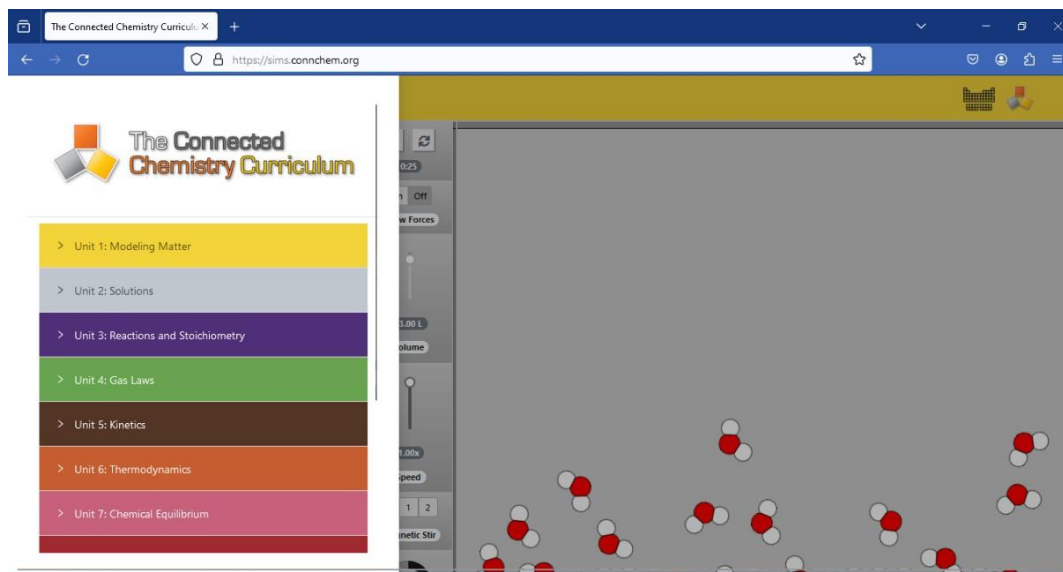
(Physics Education Technology) yang bersifat gratis serta interaktif, yang membuat siswa lebih nyata dalam mengamati fenomena yang ada (Wuryaningsih & Suharno, 2014).



Gambar1.Beranda PhET Interactive Simulation

Sumber

Selain PhET terdapat juga simulasi lain, yaitu *The Connected Chemistry Curriculum*. *The Connected Chemistry Curriculum* terhubung dan memiliki potensi dalam mendukung pengembangan kompetensi representasi kimia sekolah menengah, hal ini dikarenakan *The Connected Chemistry Curriculum* terhubungan menggunakan simulasi yang dirancang dalam bentuk pengolahan, NetLogo serta animasi yang dirancang oleh *Adobe 1 Flash*, yang kemudian disajikan kepada siswa dengan akses langsung ke objek dan fenomena submikroskopis yang dipelajari dalam kimia (Wilensky, 2001). *The Connected Chemistry Curriculum* dapat diakses melalui web (<https://connchem.org/>).



Gambar 2. Beranda *The Connected Chemistry*.

Sumber

Simulasi yang disediakan menekankan bagaimana interaksi submikroskopis antara objek molekul yang kemudian menghasilkan konsep makroskopis yang saling berhubungan dengan representasi simbolik. Selain itu, siswa juga dapat memanipulasi parameter simulasi dan animasi yang terdapat pada *Connected Chemistry* untuk memprediksi hasil reaksi yang sedang diteliti dan mendapatkan umpan balik langsung dari visualisasi tentang kualitas prediksi mereka (Stieff, 2011).

D. *Discovery Learning*

Menurut Bruner *discovery learning* dapat diartikan sebagai pembelajaran yang berlangsung ketika siswa tidak disajikan materi dalam bentuk akhir, melainkan siswalah yang mengonstruksikannya sendiri (Akpan & Kennedy, 2020; Budiningsih, 2005; Lefancois 1986). Bruner (1961) menyatakan bahwa tindakan memahami pengalaman belajar diandalkan pada struktur kognitif internal. Oleh karena itu, ia mendefinisikan *discovery learning* sebagai penyelidikan, yang terjadi dalam situasi pemecahan masalah (Ormrod, 1995; Van Joolingen 1999). Model ini mempunyai skenario memecahkan masalah yang disajikan, dengan cara membimbing siswa untuk dapat menemukan sesuatu melalui proses – proses pem-

belajaran yang dilakukannya. Siswa dibiasakan untuk menjadi seseorang saintis yang tidak hanya sebagai pemakai atau pengguna, melainkan juga dapat berperan aktif sebagai pelaku dari terciptanya ilmu pengetahuan (Kosasih, 2014).

Model *discovery learning* berfokus pada siswa, dengan ciri utama siswa mengalami proses mengaitkan antara pengetahuan yang sudah ia miliki sebelumnya, dengan pengetahuan baru yang sedang ia pelajari dengan mencari informasi dari berbagai sumber sehingga ditemukan solusi pemecahan masalah (Akpan & Kennedy, 2020; Hosnan, 2014), hal ini sejalan dengan hasil penelitian Nugrahaeni (2017) bahwa penggunaan model pembelajaran *discovery learning* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penerapan model pembelajaran *discovery learning* memposisikan guru sebagai pembimbing untuk mengarahkan siswa agar aktif dalam proses pembelajaran, serta membimbing kegiatan pembelajaran agar sesuai dengan tujuan. Kondisi inilah yang telah mengubah kegiatan pembelajaran yang biasanya *teacher oriented* menjadi *student oriented* (Sardiman, 2005), dimana guru memberikan Lembar Kerja Siswa (LKS) kepada peserta didik, dan peserta didik diminta memper-oleh sesuatu yang baru menggunakan kemampuannya sendiri dengan mendapat bimbingan dari guru (Jana & Fahmawati, 2020). Oleh karena itu, model *discovery learning* dapat meningkatkan domain kognitif serta aktifitas siswa dalam proses pembelajaran (Baharuddin & Wahyuni 2007).

Terdapat dua jenis pembelajaran penemuan atau *discovery learning*, yaitu pembelajaran penemuan bebas (*free discovery learning*) ialah pembelajaran penemuan tanpa memperoleh arahan ataupun petunjuk, dan pembelajaran penemuan terbimbing (*guided discovery learning*) ialah pembelajaran yang membutuhkan guru dalam proses pembelajaran sebagai fasilitator (Suprihatiningrum, 2014).

Model *discovery learning* dapat disajikan dalam dua bentuk, yaitu, sistem satu arah, penyajian satu arah sesuai dengan petunjuk guru, siswa dirangsang melakukan proses *discovery* di depan kelas, dengan cara guru memberikan suatu masalah, kemudian siswa memecahkan masalah tersebut dengan langkah-langkah *discovery* dan sistem dua arah, pada sistem ini, siswa dilibatkan dalam menjawab

pertanyaan-pertanyaan guru. Siswa melakukan *discovery*, dan guru yang membimbing mereka ke arah yang tepat (Oemar H, 2009).

Sebelum memulai proses pembelajaran menggunakan model *discovery learning* terlebih dahulu dilakukan perencanaan sebagai berikut (Strauning H, 2023):

- a. Menentukan Kompetensi Dasar (KD) serta meluaskannya dalam tujuan pembelajaran dengan indikator-indikatornya.
- b. Memilah masalah yang layak dengan mempertimbangkan tingkat kesulitannya, sehingga peserta didik dapat dapat menemukan jawaban yang sesuai.
- c. Menyusun kegiatan serta perangkat pembelajaran yang dibutuhkan peserta didik dalam proses pembelajaran penemuan.
 - 1) Kegiatan pembelajaran, contoh siswa perorang, diskusi kelompok, pengamatan lapangan, atau melakukan kunjungan ke perpustakaan.
 - 2) Perangkat pembelajaran, contoh buku-buku referensi, media pembelajaran, serta instrumen pembelajaran.

Setelah semua perencanaan telah disiapkan, selanjutnya adalah langkah – langkah secara umum aplikasi model *discovery learning* (Bruner, 1961; Daryanto, 2014):

- a. *Passing Stimulation* (Pemberian Rangsangan)
 Pada tahap stimulasi guru memulai kegiatan pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan, menyarankan sumber bacaan, serta mengarahkan pada proses pemecahan masalah. Pertanyaan yang diajukan oleh guru harus bersifat mendorong keinginan siswa untuk bereksplorasi. Pada tahap ini tidak boleh ada generalisasi yang dapat menyebabkan siswa mengalami kebingungan.
- b. *Problem Statement* (Pernyataan/ Identifikasi Masalah)
 Pada tahap ini guru mengarahkan siswa untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan materi pelajaran, kemudian dari masalah yang diidentifikasi, siswa memilih satu untuk dirumuskan dalam bentuk jawaban sementara atas pertanyaan masalah (hipotesis).
- c. *Data Collection* (Pengumpulan Data)

Pada tahap ini, peserta didik mengumpulkan informasi yang relevan untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang telah mereka rumuskan sebelumnya. Proses pengumpulan informasi dapat berupa membaca literatur, mengamati objek, wawancara terhadap narasumber, melakukan uji coba (praktikum) dan sebagainya.

d. *Data Processing* (Pengolahan Data)

Tahap pengolahan data merupakan kegiatan mengolah dan menafsirkan data dan informasi yang telah diperoleh siswa pada tahap *data collection*. Semua informasi dan data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah, diacak, diklasifikasikan, ditabulasi dan dihitung serta ditafsirkan dengan cara tertentu.

e. *Verification* (Pembuktian)

Siswa melakukan pemeriksaan secara teliti untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang telah ia rumuskan dengan temuan alternatif, dan dihubungkan dengan hasil data processing.

f. *Generalization* (Menarik Kesimpulan/Generalisasi)

Pada tahap ini siswa diarahkan untuk menarik sebuah kesimpulan yang dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama nantinya, dengan memperhatikan hasil pada tahap verifikasi.

E. Penelitian Relevan

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh pembelajaran kimia berbantuan simulasi dinamika molekul untuk meningkatkan kemampuan representasi kimia siswa. Berikut ini merupakan beberapa hasil penelitian yang relevan :

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	Joje Mar P. Sanchez (2021)	Understanding of Kinetic Molecular Theory of Gases in Three Modes of Representation among Tenth-Grade Students in Chemistry	Pemahaman makroskopik dan submikroskopik siswa kelas 10 pada Kota Cebu mengalami peningkatan menjadi baik dan sangat baik untuk pemahaman simbolik siswa. Hal ini dikuatkan dengan hasil

No	Peneliti	Judul	Hasil
			posttest yang telah dilakukan
2	S.D. Luviani, S. Mulyani dan T. Widhiyanti (2021)	A review of three levels of chemical representation until 2020	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dokumen yang membahas tingkat representasi kimia. Hasil yang diperoleh adalah 50,67% peneliti menggunakan tingkat makroskopik, submikroskopik dan simbolik.
3	Fitria Rizkiana dan Herlina Apriani (2020)	Simulasi Phet : Pengaruhnya Terhadap Pemahaman Konsep Bentuk dan Kepolaran Molekul	Pembelajaran simulasi menggunakan Phet menghasilkan pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan Phet.
4	Nidaul Fitri Wulandari (2020)	Literature review pengaruh model <i>discovery learning</i> dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMA	model <i>discovery learning</i> dapat berpengaruh terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Berdasarkan data sesuai tanggapan siswa bahwa seluruh siswa menjawab soal dengan mudah.

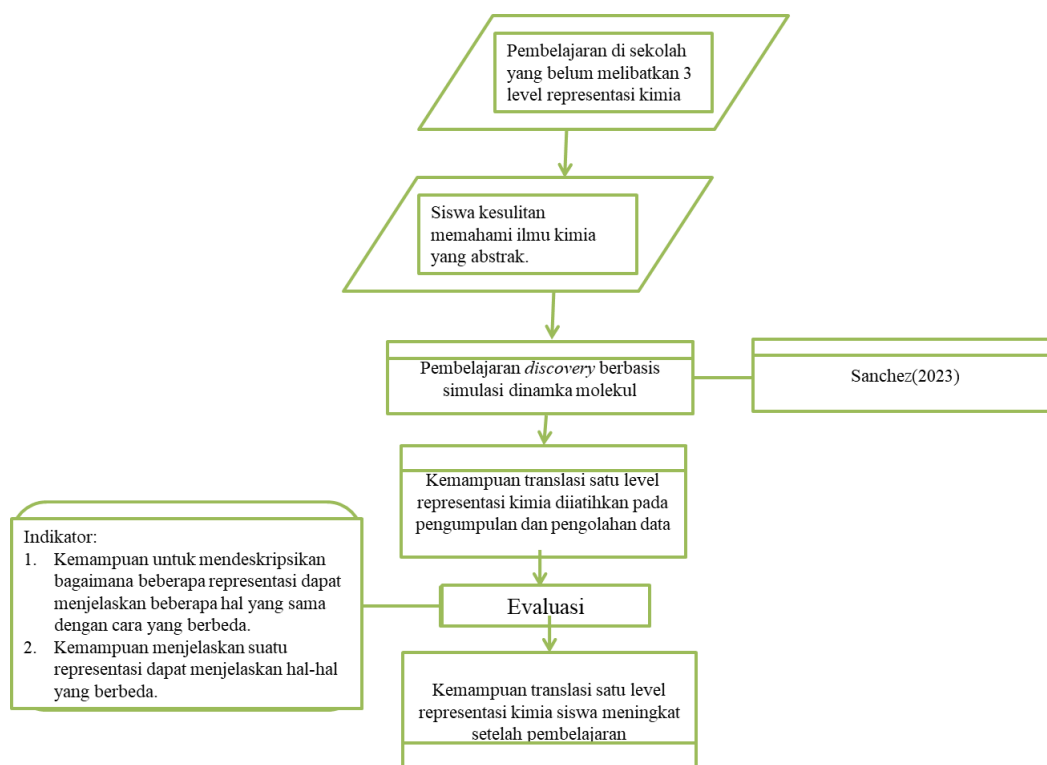
F. Kerangka Berpikir

Dalam menerapkan pembelajaran berbasis simulasi dinamika molekul, digunakan model pembelajaran *discovery* dengan simulasi menggunakan *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. Pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul diharapkan dapat meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia. Sintaks pembelajaran *discovery* antara lain, stimulasi, identifikasi masalah,

pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi dan penarikan kesimpulan. Kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa dapat ditingkatkan pada tahap pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi dan penarikan kesimpulan.

Pada tahap stimulasi, siswa diberikan permasalahan berupa wacana yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Kemudian, pada tahap identifikasi masalah, siswa ditujukan untuk menyatakan permasalahan yang disajikan dalam wacana. Pada tahap selanjutnya, yaitu pengumpulan data, siswa diminta untuk mengumpulkan data melalui pengamatan pada *The Connected Chemistry Curriculum* dan *PhET Simulation* pada pilihan laju reaksi, selanjutnya menuliskan hasil pengamatannya pada table hasil pengamatan yang tertera pada LKPD. Pada tahap pengolahan data, siswa diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LKPD terkait simulasi dinamika molekul. Pada tahap ini siswa dilatih untuk menganalisis hasil pengamatannya dan hubungannya dengan representasi makroskopik, simbolik dan submikroskopik. Setelah mengolah data, siswa akan mendiskusikan dan menyampaikan hasil temuannya pada tahap verifikasi. Pada tahapan setelah verifikasi, siswa menyimpulkan pengetahuan yang mereka dapatkan mengenai faktor-faktor pengaruh laju reaksi dan hubungannya dengan teori tumbukan.

Berdasarkan sintaks tersebut, siswa diharapkan mampu mendeskripsikan beberapa representasi kimia yang berbeda dapat menjelaskan suatu hal yang sama dengan cara yang lain dan menjelaskan suatu representasi kimia dapat menjelaskan beberapa hal yang berbeda atau suatu hal yang tidak dapat diungkapkan dengan yang lainnya. Adapun diagram kerangka pemikiran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram kerangka pemikiran.

G. Anggapan Dasar

Beberapa anggapan dasar dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan awal representasi kimia yang hampir sama.
2. Perbedaan peningkatan kemampuan translasi satu level representasi kimia terjadi karena perbedaan perlakuan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol
3. Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol diabaikan.

H. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka hipotesis dari penelitian ini adalah pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia pada materi laju reaksi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMA Perintis 2 Bandar Lampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMA Perintis 2 Bandar Lampung 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* berdasarkan pertimbangan guru terhadap kemampuan kimia kelas XI-2 dan XI-8 sebagai sampel. Kedua kelas memiliki jumlah siswa yang sama, yaitu 30 siswa. Kedua kelas kemudian diundi untuk menetapkan kelas control dan kelas eksperimen, dimana kelas XI-8 terpilih menjadi kelas eksperimen, dan kelas XI-2 menjadi kelas control.

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. *Pretest-Posttest Control Group Design*

Kelas eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kelas kontrol	O ₁	C	O ₂

(Fraenkel et al, 2012)

Keterangan :

O: Pretes dan postes kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa

C : penerapan model pembelajaran *discovery*

X : perlakuan berupa penerapan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul.

Sebelum pembelajaran dilakukan, kedua kelas kontrol dan eksperimen diberikan pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia (O). Setelah diuji dengan pretes, maka mulai dilakukan perlakuan yang beda antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, yaitu pada kelas kontrol diberi perlakuan berupa pembelajaran yang menggunakan model *discovery* (C), sedangkan kelas eksperimen diberi perlakuan pembelajaran menggunakan model *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul (X). Pada akhir pembelajaran kedua kelas sampel diberikan postes kemampuan translasi satu level representasi kimia (O) untuk mengetahui bagaimana pengaruh simulasi dinamika molekul terhadap kemampuan translasi satu level representasi kimia.

C. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri atas tiga variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *discovery*. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa kelas XI-2 dan XI-8 di SMA Perintis 2 Bandar Lampung.

D. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu lembar analisis KI dan KD, silabus pembelajaran Kimia sesuai standar Kurikulum Merdeka, rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) materi laju reaksi, lembar kerja peserta didik (LKPD) dengan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul, dan media simulasi dinamika molekul yaitu PhET (*Physics Education Technology*) melalui link website <http://phet.colorado.edu>, dan *The Connected Chemistry Curriculum* dapat diakses melalui web (<https://connchem.org/>).

E. Instrumen Penilaian

Instrumen penilaian yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal pretes dan postes kemampuan translasi satu level representasi kimia materi laju reaksi berupa soal *teo-tier test* dengan jumlah pilihan 3 butir soal dan masing-masing soal terdiri dari 4 pilihan. Soal pilihan jamak, diadaptasi dari, Untuk mengujikan keterlaksanaan pembelajaran digunakan lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul.

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

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

1. Tahap pendahuluan

- a. 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.
- b. Menentukan model pembelajaran yang akan digunakan pada materi laju reaksi, yaitu model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul.
- 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*.

2. Tahap pelaksanaan penelitian

- a. Memberikan pretes kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum pelaksanaan pembelajaran untuk mengetahui kemampuan awal translasi satu level representasi kimia siswa.
- b. Melaksanakan kegiatan belajar mengajar materi laju reaksi dengan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul untuk kelas

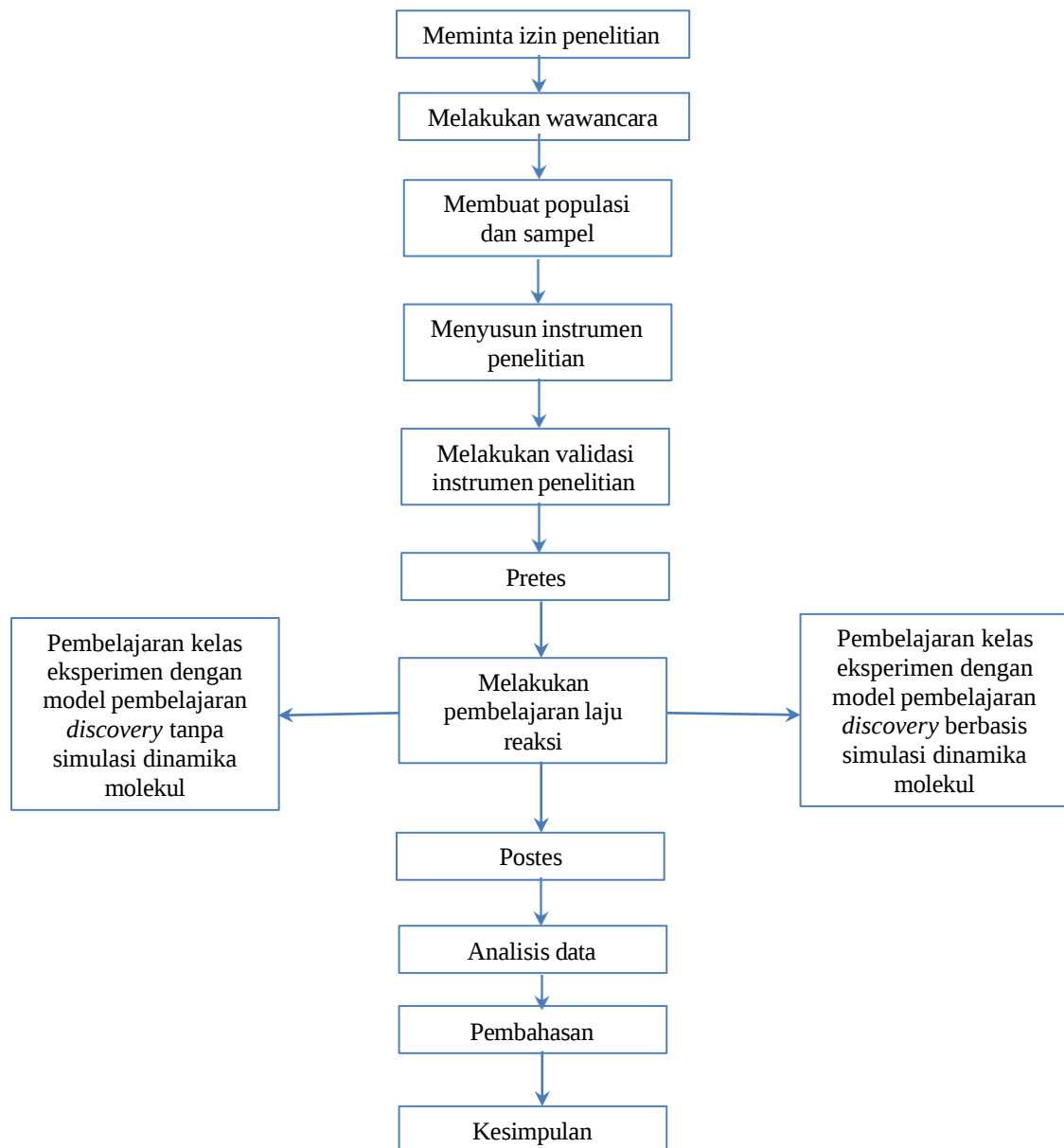
eksperimen dan model pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi dinamika molekul pada kelas kontrol.

- 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 peningkatan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa kelas eksperimen.

3. Tahap akhir penelitian

- a. Melakukan analisis data berupa analisis validitas instrumen penilaian yang akan digunakan dan analisis kemampuan translasi satu level 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.

Langkah – langkah penelitian diatas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

G. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.

1. Analisis Validitas dan Reliabilitas

a. Analisis validitas instrumen penelitian

Validitas empiris dari instrumen penelitian diperoleh dengan menguji coba soal pretes dan postes kepada siswa kelas XII. Selanjutnya, data yang diperoleh

kemudian dan diuji validitasnya dengan bantuan SPSS. Instrumen dianggap valid apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, di mana taraf signifikansi yang digunakan sebesar 5%. 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}

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 untuk instrumen penelitian 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 berikut.

Tabel 2. 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

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 satu level 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 perhitungan sebagai berikut.

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

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.

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

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.

Tabel 3. Klasifikasi *n-gain*

Besarnya $\langle g \rangle$	Interpretasi
$\langle g \rangle \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq \langle g \rangle < 0,7$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

c. Prasyarat pengujian secara statistika

Sebelum data nilai siswa baik nilai pretes ataupun postes dianalisis, diperlukan pengujian 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 suatu data. Apabila data hasil uji normalitas berdistribusi normal, maka dapat dilakukan uji statistik parametrik. 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 ujinya yaitu terima H_0 apabila nilai $\text{sig} > 0,05$.

2) uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui homogen tidaknya varians dari kedua kelas penelitian. Analisis uji homogenitas dilakukan dengan menggunakan uji *One Way ANOVA* dengan aplikasi SPSS 25.0.

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

Data dikatakan homogen apabila nilai $\text{sig} > 0,05$

d. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan menggunakan data nilai *n-gain* rata-rata kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji perbedaan dua rata-rata bertujuan untuk mengetahui keefektifan perlakuan terhadap sampel, yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai *n-gain* kelas eksperimen dengan rata-rata nilai *n-gain* kelas kontrol.

Jika rata-rata nilai *n-gain* kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dari rata-rata nilai *n-gain* kelas kontrol, maka dapat dikatakan bahwa perlakuan kelas eksperimen, yaitu penerapan model *discovery* berbantuan simulasi dinamika molekul, efektif untuk meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa.

Adapun hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut.

$H_0 = \mu_{1y} \leq \mu_{2x}$ rata-rata *n-gain* kemampuan translasi siswa kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol

$H_1 = \mu_{1y} > \mu_{2x}$ rata-rata *n-gain* kemampuan translasi siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata *n-gain* kelas kontrol

e. **Uji ukuran pengaruh (*effect size*)**

Analisis terhadap ukuran pengaruh pembelajaran dengan model *discovery learning* berbasis simulasi dinamika molekul terhadap kemampuan translasi satu level representasi kimia siswa dilakukan dengan menggunakan uji-t dan uji *effect size*. Uji-t dilakukan untuk perbedaan dua rata-rata nilai pretes dan postes kelas eksperimen dan kelas kontrol melalui uji independent sample *t-test*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk menentukan ukuran pengaruh (*effect size*) menggunakan persamaan berikut.

$$\mu^2 = \frac{t^2}{t^2 + df}$$

Hasil perhitungan effect size dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Kriteria *effect size*

Kriteria	Effect Size
Efek diabaikan	$\mu \leq 0,15$
Efek kecil	$0,15 < \mu \leq 0,40$
Efek sedang	$0,40 < \mu \leq 0,75$
Efek besar	$0,75 < \mu \leq 1,10$
Efek sangat besar	$\mu > 1,10$

(Dincer, 2015)

f. **Analisis keterlaksanaan model pembelajaran *discovery***

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

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan observer untuk setiap aspek pengamatan dengan persamaan :

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

Keterangan :

$\%J_i$: Persentase dari skor ideal untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke – i

$\sum J_i$: jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh observer pada pertemuan ke-i

N : Skor maksimal (skor ideal)

- 2) Menafsirkan data berdasarkan harga persentase kemampuan guru dengan kriteria sebagai berikut :

$80,1\% < \%J_i \leq 100,0$; kriteria sangat tinggi

$60,1\% < \%J_i \leq 80,0$; kriteria tinggi

$40,0\% < \%J_i \leq 60,0$; kriteria sedang

$20,0\% < \%J_i \leq 40,0$; kriteria rendah

$0,0\% < \%J_i \leq 20,0$; kriteria sangat rendah (Sunyono, 2012).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis dan pembahasan hasil penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan translasi satu level representasi kimia. Hasil rata-rata *n-gain* siswa kelas eksperimen mencapai kategori "sedang" dan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, menunjukkan keberhasilan intervensi ini.
2. Penggunaan simulasi interaktif seperti PhET dan The Connected Chemistry Curriculum membantu siswa memahami hubungan antara makroskopik, simbolik, dan mikroskopik, yang menjadi elemen penting dalam penguasaan konsep kimia yang abstrak.
3. Dengan pendekatan berbasis konstruktivisme yang interaktif, siswa menjadi lebih aktif dan terlibat dalam proses pembelajaran, sehingga mereka mampu melakukan eksplorasi dan pengujian hipotesis dengan lebih efektif.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada materi lajau reaksi, maka disarankan untuk :

1. Penerapan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul hendaknya memperhatikan alokasi waktu agar dapat menjalankan simulasi dinamika molekul tanpa harus terburu-buru.
2. Dalam mengintegrasikan simulasi dalam *discovery learning*, siswa awalnya mengalami kebingungan dalam menggunakan media simulasi.

Oleh karena itu, pemanduan yang lebih sederhana dan penyesuaian LKPD agar lebih terstruktur perlu dilakukan untuk menghindari kesulitan teknis.

3. Selama proses pembelajaran guru harus benar-benar memperhatikan siswa saat penggunaan *gadget* dalam mencari informasi relevan. Hal ini agar tidak terjadinya siswa asik menggunakan *handphone* untuk hal lain selain belajar, yang tentunya dapat mengganggu proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, W., Subandowo, M., Karyono, H., & Gunawan, W. (2021, July). Learning loss dalam pembelajaran daring di masa pandemi corona. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Malang* (Vol. 1, No. 1, pp. 485-501).
- Anthony, G. (1996). Active learning in a constructivist framework. *Educational studies in mathematics*, 31(4), 349-369.
- Akaygun, S., & Aslan-Tutak, F. (2016). STEM images revealing stem conceptions of pre-service chemistry and mathematics teachers. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 56-71.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International journal of science education*, 27(11), 1269-1298.
- Ben-Ari, M. (1998). Constructivism in computer science education. *Acm sigcse bulletin*, 30(1), 257-261.
- Billah, A., & Widiyatmoko, A. (2018). The development of virtual laboratory learning media for the physical optics subject. *Jurnal ilmiah pendidikan fisika Al-Biruni*, 7(2), 153-160.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Bongers, A., Beauvoir, B., Streja, N., Northoff, G., & Flynn, A. B. (2020). Building mental models of a reaction mechanism: The influence of static and animated representations, prior knowledge, and spatial ability. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 496-512.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in human behavior*, 37, 31-40.

- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive science*, 5(2), 121-152.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry education research and practice*, 8(3), 274-292.
- Chiu, T. K. (2022). Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(sup1), S14-S30.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research Design (5th ed.). SAG. Publications.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific *discovery* learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
- 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. <https://doi.org/10.12973/tused>
- Hidayaturohman, M., Helsy, I., Irwansyah, F. S., & Windayani, N. (2019, March). The making of interactive multimedia orienting toward the three levels of representation in alcohol reaction. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1175, No. 1, p. 012266). IOP Publishing.
- 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.
- Koomson, C. K., Safo-Adu, G., & Antwi, S. (2020). Utilising computer simulation and computerised molecular modeling software to enhance the teaching and learning of hybridisation in senior high schools. *International Journal of Chemistry Education*, 4(1), 044-055.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. *Visualization in science education*, 1, 121-146.
- Langitasari, I., Effendy, E., & Fajaroh, F. (2018). Dynamic and Static Modeling Embedded in Inquiry Learning to Improve Student's Multiple Representation Ability. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 4(1), 1-13.

- Liu, X., & Lesniak, K. M. (2005). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89(3), 433-450.
- Liu, X. Y., Wu, J., & Zhou, Z. H. (2008). Exploratory undersampling for class-imbalance learning. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39(2), 539-550.
- Luviani, S. D., Mulyani, S., & Widhiyanti, T. (2021, March). A review of three levels of chemical representation until 2020. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1806, No. 1, p. 012206). IOP Publishing.
- Maroo, J. D., & Johnson, S. L. (2018). The Use of a Representational Triplet Model as the Basis for the Evaluation of Students' Representational Competence. *Towards a Framework for Representational Competence in Science Education*, 247-262.
- Nurdiyanti, D., Permanasari, A., & Mulyani, S. (2020, June). Prospective chemistry teachers' perceptions of multiple representation and ability to represent voltaic cell subject. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1567, No. 3, p. 032103). IOP Publishing.
- Padalkar, S., & Hegarty, M. (2015). Models as feedback: Developing representational competence in chemistry. *Journal of Educational Psychology*, 107(2), 451.
- Pekdağ, B. (2010). Alternative methods in learning chemistry: Learning with animation, simulation, video and multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 79-110.
- Plass, J. L., Milne, C., Homer, B. D., Schwartz, R. N., Hayward, E. O., Jordan, T., ... & Barrientos, J. (2012). Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 394-419.
- Pomberger, A., McCarthy, A. P., Khan, A., Sung, S., Taylor, C. J., Gaunt, M. J., ... & Lapkin, A. A. (2022). The effect of chemical representation on active machine learning towards closed-loop optimization. *Reaction Chemistry & Engineering*, 7(6), 1368-1379.
- Ramnarain, U., & Joseph, A. (2012). Learning difficulties experienced by grade 12 South African students in the chemical representation of phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 462-470.
- Rusilowati, A. (2013). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Bahasa Inggris Bermuatan Nilai Pendidikan Karakter Kelas V Madrasah Ibtidaiyah Semarang. *Journal of Primary Education*, 2(2), 63-70

- Russell, J. W., Kozma, R. B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N., & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of chemical education*, 74(3), 330.
- 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.
- Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R., & Schnotz, W. (2018). Representational competence in science education: From theory to assessment. *Towards a framework for representational competence in science education*, 263-277.
- Smagorinsky, P. (1997). Artistic composing as representational process. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 18(1), 87-105.
- So, S., Mun, J., & Rho, J. (2019). Simultaneous inverse design of materials and structures via deep learning: demonstration of dipole resonance engineering using core-shell nanoparticles. *ACS applied materials & interfaces*, 11(27), 24264-24268.
- 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.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.16219>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Yilmaz Ince, E., Kabul, A., & Diler, İ. (2020). Distance education in higher education in the COVID-19 pandemic process: A case of Isparta Applied Sciences University. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(4), 345-351.
- Zamhari, M., Ridzaniyanto, P., & Kangkamano, T. (2021). Interactive android module development containing three chemical representation levels on material of salt hydrolysis. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*, 4(1), 45-56.