

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBANTUAN
SIMULASI MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN INTERPRETASI MAKNA
REPRESENTASI KIMIA PADA MATERI
TITRASI ASAM-BASA**

Skripsi

**Oleh
KHOFIFAH GHALDA
NPM 1913023043**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBANTUAN SIMULASI MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN INTERPRETASI MAKNA REPRESENTASI KIMIA PADA MATERI TITRASI ASAM-BASA

Oleh

KHOFIFAH GHALDA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi titrasi asam-basa, serta mendeskripsikan profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa setelah diberi perlakuan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan desain *the matching-only pretest-posttest group design*. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa XI IPA SMA Negeri 3 Bandarlampung Tahun Pelajaran 2022/2023. Sampel pada penelitian ini adalah kelas XI IPA 3 sebagai kelas kontrol dan kelas XI IPA 4 sebagai kelas eksperimen. Teknik analisis data yang dilakukan adalah uji perbedaan dua rata-rata menggunakan *independent sample t-test* atau uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata *n-gain* siswa pada kelas eksperimen sebesar 0,54 yang berkategori sedang. Hasil uji t menunjukkan bahwa nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen lebih tinggi dari nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul efektif untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. Profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas yang diterapkan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul ialah sebesar 17% siswa berkategori kurang, 27% siswa berkategori cukup, 53% siswa berkategori baik, dan 3% siswa berkategori sangat baik.

Kata kunci: pembelajaran *discovery*, simulasi molekul, titrasi asam-basa, kemampuan representasional

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF MOLECULAR SIMULATION ASSISTED BY *DISCOVERY* LEARNING TO IMPROVE THE ABILITY TO INTERPRET THE MEANING OF CHEMICAL REPRESENTATION ON ACID-BASE TITRATION

By

KHOFIFAH GHALDA

This study aims to describe the effectiveness of molecular simulation assisted by *discovery* learning to improve the ability to interpret the meaning of chemical representations on acid-base titration, as well as describe the profile of the ability to interpret the meaning of chemical representations in students after being treated. The method used in this research is quasi-experiment with the matching-only pretest-posttest group design. The population in this study were all XI IPA students of SMA Negeri 3 Bandar Lampung in 2022/2023. The samples in this study were XI IPA 3 class as the control class and XI IPA 4 class as the experimental class. The data analysis technique used was the difference test between two means using independent sample t-test or t-test. The results showed that the average n-gain value of students in the experimental class was 0.54 which was categorized as moderate. The t-test results showed that the average n-gain value of the ability to interpret the meaning of chemical representations of students in the experimental class was higher than the average n-gain value of the ability to interpret the meaning of chemical representations of students in the control class. Based on the results of the study, it can be concluded that discovery learning aided by molecular simulation is effective to improve the ability of students' interpretation of the meaning of chemical representations. The profile of the ability to interpret the meaning of chemical representations of students in the class that applied discovery learning assisted by molecular simulation.

Keywords: *discovery* learning, molecular simulation, acid-base titration, representational competence

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBANTUAN
SIMULASI MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN INTERPRETASI MAKNA
REPRESENTASI KIMIA PADA MATERI
TITRASI ASAM-BASA**

**Oleh
Khofifah Ghalda**

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
2023**

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN *DISCOVERY* BERBANTUAN SIMULASI MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN INTERPRETASI MAKNA REPRESENTASI KIMIA PADA MATERI TITRASI ASAM-BASA**

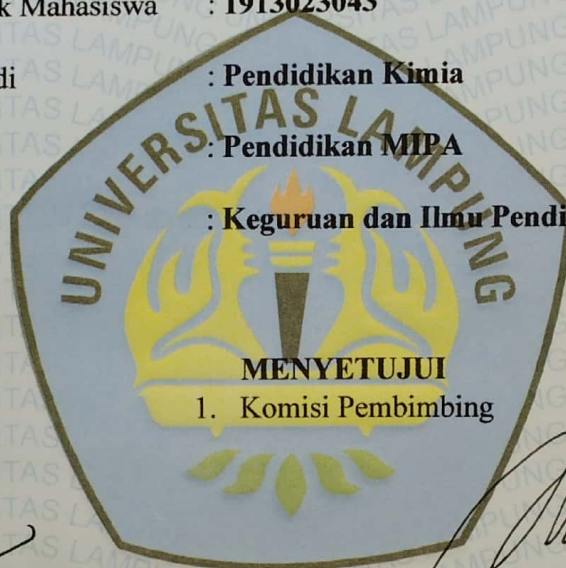
Nama Mahasiswa : **Khofifah Ghalda**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1913023043**


Program Studi : **Pendidikan Kimia**

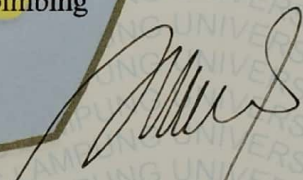
Jurusan : **Pendidikan MIPA**

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

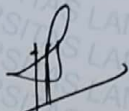
2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**


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

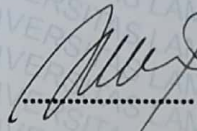
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

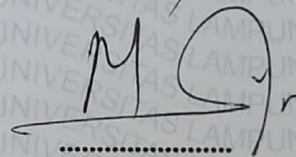
Ketua : Lisa Tania, S. Pd., M.Sc.


.....

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


.....

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. M. Setyarini, M. Si.


.....

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 4 Agustus 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah :

Nama : Khofifah Ghalda

NPM : 1913023043

Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA

Program Studi : Pendidikan Kimia

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

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

Bandarlampung, 4 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Khofifah Ghalda
NPM 1913023043

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 Idi Supriatna dan Ibu Hartini, serta adikku Fadhila Maysa, serta seluruh sanak saudara yang telah memberi dukungan dan doa agar senantiasa diberikan segala kemudahan dalam menyelesaikan segala urusan demi cita-citaku.

Para Pendidikku, yang telah mengajarkan banyak hal.

Sahabat dekatku, yang selalu mendukung dan membantuku dalam kondisi apapun.

Seluruh teman seperjuanganku di Pendidikan Kimia yang selalu memberi semangat dan dukungan.

Almamaterku,

Universitas Lampung.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bekasi pada 12 Agustus 2001, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Bapak Idi Supriatna dan Ibu Hartini. Pendidikan formal diawali di MI Al-Imaroh yang diselesaikan pada tahun 2013. Kemudian dilanjutkan ke pendidikan tingkat pertama di MTs Al-Imaroh yang diselesaikan pada tahun 2016. Pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 1 Cikarang Barat yang diselesaikan pada tahun 2019, dan pada tahun yang sama diterima menjadi mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, pernah aktif dalam organisasi internal kampus seperti Fosmaki Universitas Lampung dan UKMF Kelas Studi Seni. Pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan yaitu Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) yang terintegrasi dengan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di SMA Negeri 2 Telukjambe Timur Kabupaten Karawang pada tahun 2022.

MOTTO

Kau tidak dapat berharap dapat membangun dunia yang lebih baik tanpa meningkatkan individu. Untuk itu, masing-masing kita harus bekerja untuk memperbaiki diri sendiri, dan pada saat yang sama berbagi tanggung jawab umum untuk semua manusia.

Tugas khusus kita adalah membantu seseorang yang membuat diri kita menjadi berguna karenanya.

(Marie Curie)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta hidayah-Nya, sehingga skripsi dengan judul “Efektivitas Pembelajaran Discovery Berbantuan Simulasi Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia pada Materi Titrasi Asam-Basa” 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 mendapat 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
2. Bapak Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
3. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia, selaku Pembimbing I, serta Pembimbing Akademik, atas perhatian dan kesediaannya memberi bimbingan, motivasi, arahan dan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II yang telah memberi bimbingan, motivasi, arahan dan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Pembahas yang telah memberi bimbingan, kritik, dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Kimia dan jurusan Pendidikan MIPA yang telah memberi ilmu selama perkuliahan.
7. Kepala SMA Negeri 3 Bandar Lampung dan Ibu Defy Perdinasari selaku guru mitra mata pelajaran kimia yang telah membantu dalam penelitian ini.
8. Teman-teman Pendidikan kimia Angkatan 2019, khususnya kelas A terima kasih atas bantuan, kerjasama, dan motivasi selama perkuliahan.

9. Tim kerjasama tugas yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, doa, serta dukungan sejak awal perkuliahan sampai penulisan skripsi ini selesai.
10. Sahabatku Marsha, Marsella, dan Visca. Terima kasih sudah menjadi sahabat terbaik sejak awal, juga selalu memberi dukungan, doa, dan bantuan dalam hal apapun.

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

BandarLampung, 4 Agustus 2023
Penulis

Khofifah Ghalda
NPM 1913023043

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Representasi Kimia	6
B. Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia	7
C. Pembelajaran Kimia berbantuan Simulasi	8
D. Pembelajaran <i>Discovery</i>	10
E. Penelitian Relevan	11
F. Kerangka Berpikir.....	13
G. Anggapan Dasar.....	14
H. Hipotesis	14
III. METODE PENELITIAN.....	15
A. Populasi dan Sampel Penelitian	15
B. Desain Penelitian	15
C. Variabel Penelitian.....	16
D. Perangkat Pembelajaran.....	16
E. Instrumen Penelitian	16
F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	17
G. Analisis Data.....	19
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	25
A. Tahap Pendahuluan	25
B. Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	26
1. Uji Kesamaan Dua Rata-rata	26
2. Tahap Pembelajaran.....	28

3. Keterlaksanaan Model Pembelajaran <i>Discovery</i> Berbantuan Simulasi Molekul	36
C. Tahap Akhir Pelaksanaan	38
1. Nilai Rata-Rata Postes Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia	38
2. Nilai <i>n-gain</i>	39
3. Uji Perbedaan Dua Rata-rata	40
4. Profil Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia Siswa	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	55
1. Analisis KI dan KD	56
2. Silabus	60
3. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen	63
4. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Kontrol	71
5. Lembar Kerja Peserta Didik	78
6. Kisi-kisi Soal Pretes dan Postes	100
7. Soal Pretes dan Postes	102
8. Rubrik Penilaian Soal Pretes dan Postes	106
9. Lembar Observasi Guru dan Hasil Penilaian Observasi Guru	111
10. Data pemeriksaan jawaban siswa	120
11. Daftar nilai pretes, nilai postes, <i>n-gain</i> , dan tingkat kemampuan representasi	128
12. Hasil output uji hipotesis	130

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian yang relevan terkait model pembelajaran <i>discovery</i> berbantuan simulasi molekul terhadap kemampuan representasi	11
2. <i>The matching only pretest-posttest control group design</i>	15
3. Klasifikasi <i>n-gain</i>	22
4. Skala kategori kemampuan interpretasi makna representasi kimia	24
5. Hasil uji normalitas terhadap nilai pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa.	26
6. Hasil uji homogenitas terhadap nilai pretes pada kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa	27
7. Hasil uji normalitas terhadap nilai <i>n-gain</i> kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa	40
8. Hasil uji homogenitas terhadap nilai <i>n-gain</i> pada kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga level representasi kimia.	6
2. Tampilan simulasi molekul <i>The Connected Chemistry Curriculum</i>	9
3. Tampilan pada <i>PheT Simulation</i>	9
4. Prosedur pelaksanaan penelitian.	18
5. Simulasi molekul <i>The Connected Chemistry Curriculum Unit Titration Curves</i> (a) set 1: HCl dan NaOH, (b) set 2: HCl dan NH ₃ , (c) set 3: HF dan NaOH	30
6. Jawaban siswa kelompok 3 dalam mengidentifikasi representasi makroskopik.....	31
7. Tampilan <i>PheT Simulation</i> bagian <i>pH Scale</i>	32
8. Jawaban siswa kelompok 6 dalam mengidentifikasi representasi submikroskopik.....	32
9. Jawaban siswa dalam menganalisis representasi submikroskopik. (a) kelompok 6, (b) kelompok 4, (c) kelompok 2.	33
10. Kesimpulan pada LKPD 1. (a) kelompok 3, (b). kelompok 7, (c) kelompok 2.	35
11. Kesimpulan pada LKPD 2. (a) kelompok 2, (b) kelompok 4, (c) kelompok 5.	36
12. Rata-rata persentase keterlaksanaan pembelajaran <i>discovery</i> berbantuan simulasi molekul.	37
13. Nilai rata-rata postes kemampuan interpretasi makna representasi kimia.	38
14. Rata-rata nilai postes indikator 1 dan 2 pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.	39
15. Sebaran nilai <i>n-gain</i> kelas kontrol dan kelas eksperimen.	39
16. Profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. (a) pada kelas kontrol, dan (b) pada kelas eksperimen.	43
17. Jawaban nomor 1 siswa absen 1 kelas eksperimen. (a) pretes, dan (b) postes.....	44

18. Jawaban nomor 2a siswa absen 18 kelas eksperimen. (a) pretes, dan (b) postes.....	45
19. Jawaban nomor 2b siswa absen 7 kelas eksperimen. (a) pretes, dan (b) postes.....	46
20. Jawaban nomor 2b siswa absen 18 kelas kontrol. (a) pretes, dan (b) postes.....	47
21. Jawaban nomor 3 siswa absen 5 kelas eksperimen. (a) pretes, dan (b) postes.....	48

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia menjadi salah satu mata pelajaran yang sulit bagi siswa karena memiliki banyak konsep yang abstrak, karena kimia bukan hanya mempelajari apa yang terlihat, tetapi juga mempelajari sesuatu yang tidak terlihat seperti atom, ion, dan molekul. Hal tersebut menyebabkan siswa sulit memahami konsep kimia dan terjadi kesalahpahaman karena banyak siswa yang memiliki keterbatasan dalam kemampuan berpikir abstrak (Treagust & Chittleborough, 2001; Chang, 2003; Milenković *et al.*, 2014; Nakhleh, 1992).

Kesulitan dalam mempelajari kimia menandakan bahwa dalam mempelajari kimia memerlukan kemampuan berpikir abstrak, sehingga digunakanlah suatu representasi dalam memvisualisasikan dan menjelaskan konsep yang abstrak (Fensham, 1988; Taber, 2002; Zoller, 1990; Mathewson, 2005). Representasi kimia terdiri dari makroskopik, submikroskopik serta representasi kimia simbolik. Dimana fenomena kimia secara makroskopis bergantung pada penjelasan representasi simbolik dan submikroskopik (Johnstone, 1993; Kozma & Russell, 1997).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang mengalami kesulitan dalam mempelajari kimia diakibatkan karena tidak mampu memvisualisasikan proses dan struktur kimia pada level submikroskopik, serta tidak mampu menghubungkannya dengan level representasi kimia yang lain (Devetak, 2004; Chittleborough & Tregust, 2007; Orgill & Shutterland, 2008). Maka akan lebih baik jika siswa mampu memahami level-level representasi kimia dan keterkaitan antarlevel representasi, serta mampu menerjemahkan suatu representasi ke representasi lainnya (Ainsworth, 1999; Jaber & BouJaoude, 2012). Kemampuan

siswa dalam menafsirkan, memvisualisasikan, dan menghubungkan beberapa representasi disebut sebagai kompetensi representasional (Talanquer, 2011; Chi et al., 2018; Chang & Tzeng, 2018). Salah satu kompetensi representasional ialah kemampuan menginterpretasi makna representasi kimia, dimana siswa mampu menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi dan pola fitur representasi (Kozma & Russell, 2005; Sim & Daniel, 2014).

Salah satu konsep kimia yang memerlukan representasi ialah konsep titrasi asam-basa, yang mencakup pemahaman karakteristik partikel dalam materi, sifat dan komposisi larutan, struktur atom, ikatan ionik dan kovalen, simbol, formula dan persamaan reaksi, ionisasi serta kesetimbangan (Sheppard, 2006). Berdasarkan hasil wawancara guru kimia di SMA Negeri 3 Bandarlampung, pembelajaran kimia khususnya pada materi titrasi asam basa hanya dilakukan dengan model pembelajaran *discovery* tanpa melibatkan tiga level representasi. Guru belum pernah menggunakan media yang dapat memvisualisasikan fenomena kimia pada tingkat submikroskopik, sehingga siswa hanya mengetahui ketika proses titrasi akan terjadi perubahan warna larutan, tanpa mengetahui apa yang menyebabkan larutan tersebut mengalami perubahan warna saat dititrasi. Dengan begitu siswa belum sampai pemahaman hingga pada tingkat submikroskopik. Hal ini mendorong para pengajar untuk merancang pembelajaran yang efektif untuk mengatasi kesulitan tersebut (Yarroch, 1985; Taber, 2002). Maka perlu solusi untuk memberi pemahaman pada siswa sampai pada tingkat submikroskopik, salah satunya dengan menerapkan pembelajaran berbantuan media yang dapat memvisualisasikan representasi submikroskopik.

Terdapat 2 jenis tampilan visual dalam menyajikan fenomena kimia pada tingkat submikroskopik, yaitu visualisasi dinamis seperti simulasi molekul dan visualisasi statis seperti grafik dan diagram. Visualisasi dinamis menampilkan proses fenomena ilmiah yang berubah seiring waktu sehingga dapat memberikan pembelajaran dengan representasi dinamis eksplisit dari situasi tertentu, sedangkan visualisasi statis seperti Gambar dalam buku tidak menyampaikan interaksi dinamis dari molekul dan atom (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Tversky *et al.*, 2002; Ardac & Akaygun, 2005; Pedrosa & Dias, 2000). Keunggulan visualisasi dinamis

didukung oleh penelitian (Williamson & Abraham, 1995) yang menyatakan bahwa animasi dinamis dapat meningkatkan pemahaman konsep kimia sebab visual dinamis memberikan informasi lebih dalam daripada visual Gambar. Begitu juga pada penelitian oleh Xie & Tinker (2006) menyatakan bahwa simulasi interaktif pada skala atomik dapat membantu siswa dalam memahami hubungan antara representasi simbolik dengan submikroskopik.

Pada penerapannya, simulasi interaktif cocok diterapkan pada pembelajaran penemuan, seperti pembelajaran *discovery* (Castronova, 2002; van Joolingen & de Jong, 1996). Terdapat 6 tahapan penerapan pembelajaran *discovery*, di antaranya pemberian stimulasi, identifikasi masalah, mengumpulkan data, mengolah data, pembuktian, dan penarikan kesimpulan (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017). Penerapan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dapat melatih kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada tahap mengumpulkan data siswa dapat mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia, pada tahap mengolah data siswa dapat menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia, sehingga pada tahap penarikan kesimpulan siswa mampu menggunakan kata-kata dalam untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia.

Penerapan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam pembelajaran kimia bukanlah hal baru, penelitian (Dunn & Ramnarain, 2020) menyatakan simulasi interaktif yang digunakan dalam kegiatan penemuan berdampak baik pada pemahaman konsep karena dapat meningkatkan visualisasi konsep abstrak. Penelitian yang dilakukan oleh Rieber et al (2004) dan penelitian Songer (1989) menyatakan bahwa simulasi interaktif yang menggunakan representasi visual cocok diterapkan pada kegiatan penemuan, karena dapat membantu siswa untuk memahami fenomena abstrak yang kompleks.

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan, maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbantuan Simulasi Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia pada Materi Titrasi Asam-Basa”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana efektivitas pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi titrasi asam-basa?
2. Bagaimana profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa setelah diberi perlakuan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mendeskripsikan efektivitas pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi titrasi asam-basa.
2. Mendeskripsikan profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa setelah diberi perlakuan.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penerapan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia, diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Siswa yang mendapat pengalaman langsung, dapat memberi pengalaman dalam pembelajaran menggunakan simulasi molekul untuk membantu mempelajari konsep titrasi asam-basa.
2. Guru, dapat dijadikan solusi untuk mengatasi keterbatasan dalam memberikan visualisasi fenomena submikroskopik pada pembelajaran kimia khususnya materi titrasi asam-basa.
3. Sekolah, dapat menjadi informasi dan referensi model pembelajaran berbantuan simulasi molekul dalam upaya dalam meningkatkan mutu pembelajaran kimia di sekolah khususnya pada materi titrasi asam-basa.

E. Ruang Lingkup Penelitian

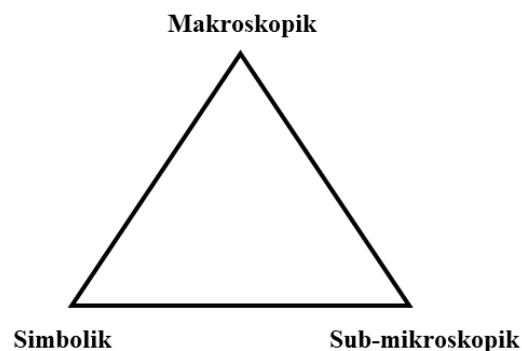
Untuk menghindari perbedaan tafsiran terhadap istilah-istilah yang digunakan, maka perlu dikembangkan beberapa istilah sebagai berikut:

1. Pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dikatakan efektif apabila *n-gain* rata-rata kelas eksperimen minimal berkategori sedang dan terdapat perbedaan *n-gain* rata-rata yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen (Wicaksono, 2008).
2. Profil kemampuan interpretasi kimia bertujuan untuk menggambarkan kemampuan yang dicapai siswa dalam menginterpretasi makna representasi kimia setelah diberi perlakuan. Profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa ditentukan berdasarkan nilai postes dengan skala penilaian oleh Arikunto (2009).
3. Terdapat 6 tahapan dalam pelaksanaan pembelajaran menggunakan model *discovery* berdasarkan Kemendikbud tahun 2017, di antaranya pemberian stimulasi, mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, pengolahan data, pembuktian, dan penarikan kesimpulan.
4. Dalam penelitian ini menggunakan dua sumber yaitu *The Connected Chemistry Curriculum* <https://sims.connchem.org/> dan *PheT Simulation* <http://PheT.colorado.edu/>.
5. Kemampuan menginterpretasi makna representasi kimia yang diteliti sesuai dengan kompetensi representasional dalam kimia menurut (Kozma & Russell, 2005), yang dapat dicapai apabila siswa mampu:
 - a) Menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia
 - b) Menggunakan kata-kata untuk menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia
6. Materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah titrasi asam-basa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Representasi Kimia

Fenomena kimia terbagi dalam tiga bentuk yang dapat dianggap sebagai sudut segitiga. Tidak ada yang lebih unggul, masing-masing saling melengkapi. Bentuk-bentuk subjek ini di antaranya (a) makroskopik; yakni sesuatu yang dapat dilihat, disentuh, dan dicium; (b) submikroskopik; fenomena pada tingkat molekuler seperti atom, molekul, ion dan struktur; dan (c) simbolik; seperti simbol, rumus, persamaan, molaritas, manipulasi matematika dan grafik (Johnstone, 2000). Ringkasnya, representasi makroskopik digunakan untuk merepresentasikan fenomena kimia yang dialami dengan indera, submikroskopik digunakan untuk mendukung penjelasan kualitatif atas fenomena kimia tersebut, dan simbolik digunakan untuk mendukung penjelasan kuantitatif fenomena kimia tersebut (Gilbert, 2013).



Gambar 1. Tiga level representasi kimia.

Ketiga tingkat representasi merupakan bagian integral dalam mengembangkan pemahaman tentang konsep-konsep kimia. Tingkat makroskopik merupakan

fenomena kimia yang dapat diamati yang mencakup pengalaman dari kehidupan sehari-hari seperti perubahan warna. Tingkat submikroskopik menggambarkan sifat partikel materi dan menjelaskan fenomena makroskopik dalam hal pergerakan partikel, seperti elektron, molekul, dan atom (Treagust *et al.*, 2003). Elemen pada tingkat submikroskopik ini nyata, akan tetapi terlalu kecil untuk diamati, sehingga ahli kimia menggambarkan perilaku dan karakteristiknya menggunakan representasi simbolik yang meliputi simbol, angka, dan tanda yang digunakan untuk mewakili senyawa, molekul, atom, dan proses kimia, seperti simbol kimia, rumus, dan struktur kimia (Gkitzia *et al.*, 2011; Wu & Shah, 2004).

B. Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia

Pemahaman ilmu kimia ditunjukkan oleh kemampuan dalam mentransfer dan menghubungkan antara fenomena makroskopik, penjelasan submikroskopik dan simbolik. Kemampuan memecahkan masalah yang berkaitan dengan representasi kimia disebut kompetensi representasional (Kozma & Russell, 2005; Treagust & Chittleborough, 2007).

Salah satu kemampuan yang merupakan inti dari kompetensi representasional adalah kemampuan interpretasi makna representasi kimia. Kemampuan interpretasi makna representasi kimia merupakan kemampuan untuk menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi dan pola fitur representasi (Sim & Daniel, 2014; Kozma & Russell, 2005). Kemampuan interpretasi makna representasi kimia dapat dicapai apabila siswa mampu:

1. Menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia
2. Menggunakan kata-kata untuk menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia

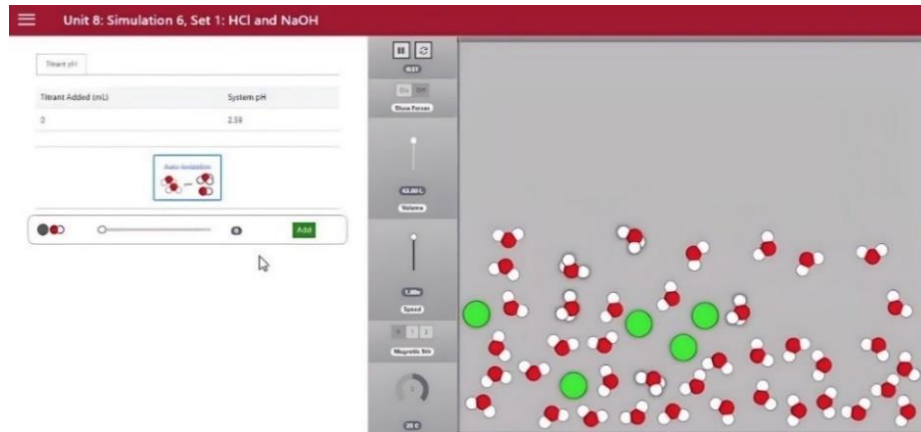
Kemampuan interpretasi makna representasi kimia dikatakan sebagai kemampuan untuk “berbicara kimiawi”, yakni menjelaskan bagaimana mengambil posisi dalam membuat argumen dan menggunakan representasi untuk mendukung posisinya (Kozma, 2000).

C. Pembelajaran Kimia berbantuan Simulasi

Pada pembelajaran sains biasanya digunakan suatu pemodelan, dimana istilah "model" digunakan secara luas untuk memasukkan representasi ide, objek, peristiwa, proses, atau sistem. Dalam ilmu kimia, "model" mengacu pada representasi fisik atau komputasi dari komposisi dan struktur molekul. Pengembangan model molekuler memungkinkan ahli kimia untuk secara eksplisit menampilkan dan memanipulasi struktur geometris molekul (Francoeur, 1997, 2002). Pemodelan ini mengacu pada representasi sistem molekul sebagai "simulasi" atau "animasi" yang merupakan representasi dinamis pada tingkat molekuler dari sistem kimia, terdiri dari titik individu yang mewakili molekul yang bergerak, bertabrakan, dan bereaksi (Kozma & Russell, 2005). Maka kegiatan pembelajaran yang menggunakan animasi molekuler dapat membentuk pemahaman molekuler dari konsep-konsep kimia dengan memberikan representasi proses yang biasanya tak kasat mata (Tasker & Dalton, 2006; Meir *et al.*, 2005; Stieff & Wilensky, 2003).

Kini telah dikembangkan alat visualisasi yang menekankan siswa untuk mempelajari konsep dasar dengan memahami bentuk tiga dimensi dan struktur molekul (Stieff, 2005). Pembelajaran yang menggunakan visualisasi tidak hanya memperhatikan dan memahami visualisasi, tetapi juga menghubungkan visualisasi tersebut dengan fenomena ilmiah (Plass *et al.*, 2009). Pada pembelajaran yang menggunakan visualisasi, siswa dapat memanipulasi fitur-fitur simulasi kimia sehingga meningkatkan antusiasme untuk belajar melalui interaksi yang membuat siswa secara aktif memperhatikan dan berpartisipasi dalam simulasi (Xie & Tinker, 2006; Chan & Fok, 2009; Moore *et al.*, 2014).

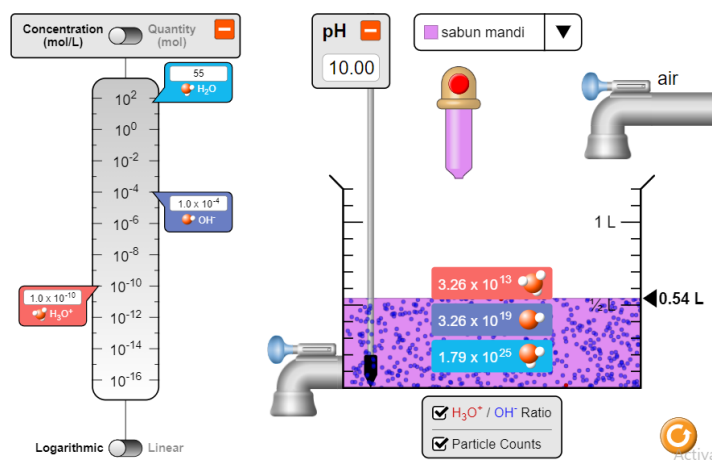
Simulasi molekuler *The Connected Chemistry Curriculum* mencakup seluruh konsep kimia umum dari materi dan larutan, reaksi, dan bahkan kimia nuklir. Simulasi ini dapat diakses melalui *link* berikut <https://sims.connchem.org/>. Simulasi molekuler *The Connected Chemistry Curriculum* menawarkan kepada siswa akses langsung ke objek submikroskopik dan fenomena yang dipelajari dalam ilmu kimia (Stieff, 2011). Tampilan simulasi *The Connected Chemistry Curriculum* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan simulasi molekul *The Connected Chemistry Curriculum*.

Gambar 2 merupakan tampilan simulasi molekul *The Connected Chemistry Curriculum* unit *Titration Curves*. Simulasi ini bukan hanya dapat menampilkan visualisasi submikroskopik saja, namun terdapat informasi berupa data pH, volume, dan suhu juga ditampilkan.

Simulasi *PheT* (*Physic Education Technology*) dikembangkan oleh *Univerity of Colorado* yang memanfaatkan teknologi komputer dan mengatasi keterbatasan alat laboratorium, yang dapat diakses melalui <https://PheT.colorado.edu/>. Simulasi *PheT* ini menekankan hubungan antara fenomena kehidupan dengan ilmu yang mendasari, mendukung pendekatan interaktif dan konstruktivis, memberikan umpan balik dan menyediakan tempat kreatif (Finkelstein *et al.*, 2006). Tampilan pada *PheT Simulation* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan pada *PheT Simulation*.

Gambar 3 merupakan tampilan simulasi *PheT* bagian “*pH Scale*”, yang berisikan banyak informasi dalam berbagai representasi, baik itu makroskopik seperti warna larutan; submikroskopik seperti tampilan molekul atau ion dalam larutan; serta menampilkan data simbolik seperti data pH.

D. Pembelajaran *Discovery*

Mengajarkan sesuatu kepada diri sendiri untuk memecahkan masalah sendiri adalah cara belajar yang sangat efektif. Pembelajaran *discovery* adalah proses di mana instruktur menciptakan atau menggunakan situasi ketika siswa akan mempelajari pengetahuan melalui otodidak tersebut (Baldwin, 1996). Pendekatan ini dirancang untuk melibatkan siswa dalam setiap prosesnya, dipandu oleh guru, dan siswa "menemukan" pengetahuan yang dimaksud. Sehingga siswa lebih banyak belajar sendiri mengembangkan kekreatifan dalam pemecahan masalah (Hammer, 1997; Sriyono, 1992).

Terdapat keuntungan kognitif bagi siswa dalam membuat makna melalui belajar penemuan, karena setiap sesuatu yang mereka temukan, kenali, dan ungkapkan dari pembelajaran akan menjadi pengetahuan mereka sendiri, bukan milik orang lain (Rieber *et al.*, 2004). Tiga poin utama dalam pembelajaran *discovery*, yaitu kegiatan eksplorasi dan memecahkan masalah; kegiatan berbasis minat siswa; dan kegiatan yang mendorong integrasi pengetahuan baru ke dalam pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya (Holmes & Hoffman, 2000).

Tahapan pembelajaran *discovery* berdasarkan (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017), di antaranya:

1. *Stimulation* (Pemberian Stimulasi). Guru mengembangkan rasa ingin tahu siswa terhadap pengetahuan yang akan mereka pelajari dengan mengajukan berbagai pertanyaan atau menggunakan media audio visual.
2. *Problem Statement* (Identifikasi Masalah). Siswa diharapkan memiliki kesadaran terhadap masalah yang dihadapi dan mencari solusinya, serta harus merumuskan masalah dengan tepat.
3. *Data Collection* (Mengumpulkan Data). Setelah mengidentifikasi masalah, siswa mengumpulkan data untuk memecahkan masalah tersebut. Guru

membantu siswa mengumpulkan data yang diperlukan dengan memberikan informasi tentang berbagai sumber data.

4. *Data Processing* (Mengolah Data). Siswa menganalisis data yang telah dikumpulkan, dan guru memberikan umpan balik kepada siswa untuk memberitahu mereka apakah mereka telah melalui proses analisis data dengan benar.
5. *Verification* (Pembuktian). Setelah menganalisis data dan menggambarkan solusi yang mungkin, siswa harus memvalidasi data dengan membandingkan hasil analisis data mereka dengan temuan kelompok lain, buku, dan artikel yang relevan, atau guru mereka. Pada tahap ini, guru berperan penting dalam membimbing siswa untuk menilai apakah hasil analisis data valid.
6. *Generalization* (Penarikan Kesimpulan). Pada tahap ini, siswa menyimpulkan pengetahuannya secara mandiri. Namun, guru harus membimbing siswa ke kesimpulan yang benar tentang pertanyaan yang diajukan.

E. Penelitian Relevan

Terdapat beberapa peneliti yang melakukan penelitian mengenai pembelajaran kimia berbantuan simulasi molekul serta efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan representasi siswa. Berikut ini beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian yang relevan terkait model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul terhadap kemampuan representasi

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Stieff (2011)	<i>Improving Representational Competence using Molecular Simulations Embedded in Inquiry Activities</i>	<i>The Connected Chemistry Curriculum</i> memiliki dampak baik pada pencapaian siswa dan kompetensi representasional kimia
2.	Dunn & Ramnarain (2020)	<i>The Effect of Simulation-Supported Inquiry on South</i>	<i>PheT Simulation</i> yang digunakan dalam kegiatan inkuiri berdampak lebih baik pada pemahaman

Tabel 1. (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul	Hasil
		<i>African Natural Sciences Learners' Understanding of Atomic & Molecular Structures</i>	konseptual siswa karena dapat meningkatkan visualisasi konsep abstrak dibandingkan dengan pendekatan yang diarahkan guru.
3.	Xie & Tinker (2006)	<i>Molecular Dynamics Simulations of Chemical Reactions for Use in Education.</i>	Penggunaan simulasi dalam kegiatan konstruktif dapat mengkomunikasikan banyak fitur tingkat molekuler secara efektif, dan menghubungkan tingkat makroskopik ke simbolik.
4.	Songer (1989)	<i>Technological Tools for Scientific Thinking & Discovery</i>	Penerapan teknologi dengan menyesuaikan strategi pembelajaran sains memiliki potensi baik untuk meningkatkan aspek kognitif, sosial, dan motivasi yang terkait dengan pembelajaran.
5.	Rieber <i>et al</i> (2004)	<i>Discovery learning, representation, & explanation within a computer-based simulation: finding the right mix</i>	Terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan simulasi dan penjelasan yang berisikan umpan balik grafis dalam membantu mendapatkan pemahaman prinsip-prinsip sains secara eksplisit dan implisit.

Berdasarkan beberapa penelitian relevan yang tersaji pada Tabel 1, belum terdapat penelitian yang menggunakan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekuler untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia. Maka dilakukanlah penelitian ini dengan materi titrasi asam-basa sebagai topik dalam model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekuler untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia.

F. Kerangka Berpikir

Pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul diharapkan dapat membantu siswa dalam menemukan pengetahuannya dan dapat meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia. Tahapan pembelajaran *discovery* yang dapat melatih kemampuan interpretasi makna representasi kimia di antaranya tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan tahap menarik kesimpulan.

Pada tahap pengumpulan data siswa dilatih untuk mengidentifikasi representasi kimia baik secara makroskopik melalui kegiatan praktikum titrasi asam-basa di laboratorium, dan representasi submikroskopik simulasi molekul *The Connected Chemistry Curriculum* unit *Titration Curves* dan *PheT Simulation* pada bagian *pH scale*, kemudian menuliskan hasil pengamatannya pada tabel hasil pengamatan yang tertera pada LKPD. Siswa mengidentifikasi perubahan volume dan perubahan warna yang terjadi pada larutan asam-basa secara makroskopik melalui percobaan titrasi di laboratorium, siswa juga mengidentifikasi perubahan ion-ion secara submikroskopik dan perubahan pH melalui simulasi molekul. Pada tahap pengolahan data siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan terkait percobaan dan simulasi molekul yang terdapat pada LKPD. Pada tahap pengolahan data ini siswa dilatih untuk menganalisis data hasil temuan mereka dan menghubungkannya dengan representasi kimia makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Pada tahap menarik kesimpulan, siswa menyimpulkan pengetahuan mereka tentang titrasi asam-basa yang mereka dapatkan dan mengaitkannya dengan representasi kimia, berdasarkan percobaan di laboratorium dan melalui simulasi molekul. Pada penarikan kesimpulan, siswa dilatih menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia.

Berdasarkan tahapan-tahapan tersebut, diharapkan siswa mampu menginterpretasi atau memaknai fenomena yang terjadi pada fenomena titrasi asam-basa secara makroskopik melalui percobaan, secara submikroskopik melalui simulasi molekul, serta dapat menuliskan persamaan reaksi yang terjadi.

G. Anggapan Dasar

Beberapa hal yang menjadi anggapan dasar dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perbedaan pada peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen terjadi karena perbedaan yang dihasilkan dari perlakuan dalam proses pembelajaran yang diterapkan pada masing-masing kelas.
2. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa XI IPA 3 dan XI IPA 4 SMA Negeri 3 Bandar Lampung tahun ajaran 2022/2023 semester genap diabaikan.

H. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka hipotesis dari penelitian ini ialah pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi efektif untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi titrasi asam-basa.

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 3 Bandarlampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI IPA SMA Negeri 3 Bandarlampung tahun ajaran 2022/2023 yang terbagi dalam 4 kelas. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan pertimbangan bahwa kedua kelas memiliki prestasi belajar yang hampir setara berdasarkan nilai ujian kimia. Kelas yang diambil sebagai sampel penelitian yaitu kelas XI IPA 3 sebagai kelas kontrol dengan jumlah 30 siswa dan kelas XI IPA 4 sebagai kelas eksperimen dengan jumlah 30 siswa.

B. Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuasi eksperimen dengan desain penelitian *The Matching Only Pretest-Posttest Control Group Design* (Fraenkel *et al*, 2012). Desain penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *The matching only pretest-posttest control group design*

Kelas		Pretes	Perlakuan	Postes
Kontrol	M	O	C	O
Eksperimen	M	O	X	O

Keterangan:

M: Subjek dalam setiap kelompok sampel dicocokkan

X: Perlakuan berupa penerapan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul

C: Perlakuan berupa penerapan pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi molekul

O: Pretes yang diberikan sebelum pembelajaran

O: Postes yang diberikan setelah pembelajaran

Sebelum pembelajaran, kedua kelas sampel diberi pretes sebelum pembelajaran (O). Hasil pretes digunakan untuk mengetahui kemampuan awal interpretasi makna representasi kimia pada kedua kelas, yang kemudian (M) dicocokkan secara statistik melalui uji kesamaan dua rata-rata. Lalu diberi perlakuan pada kelas eksperimen diterapkan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul (X), sedangkan pada kelas kontrol diterapkan pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi molekul (C). Pada akhir pembelajaran, sampel diberikan postes untuk mengukur kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa (O).

C. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi molekul pada kelas kontrol dan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul pada kelas eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa kelas XI IPA 3 dan XI IPA 4 SMA Negeri 3 Bandarlampung tahun ajaran 2022/2023. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah materi pelajaran.

D. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya Lembar analisis KI dan KD, Silabus pembelajaran kimia sesuai standar kurikulum 2013, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) materi titrasi asam-basa, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang sesuai dengan model pembelajaran *discovery*, kisi-kisi soal materi titrasi asam-basa, dan media simulasi molekul.

E. Instrumen Penelitian

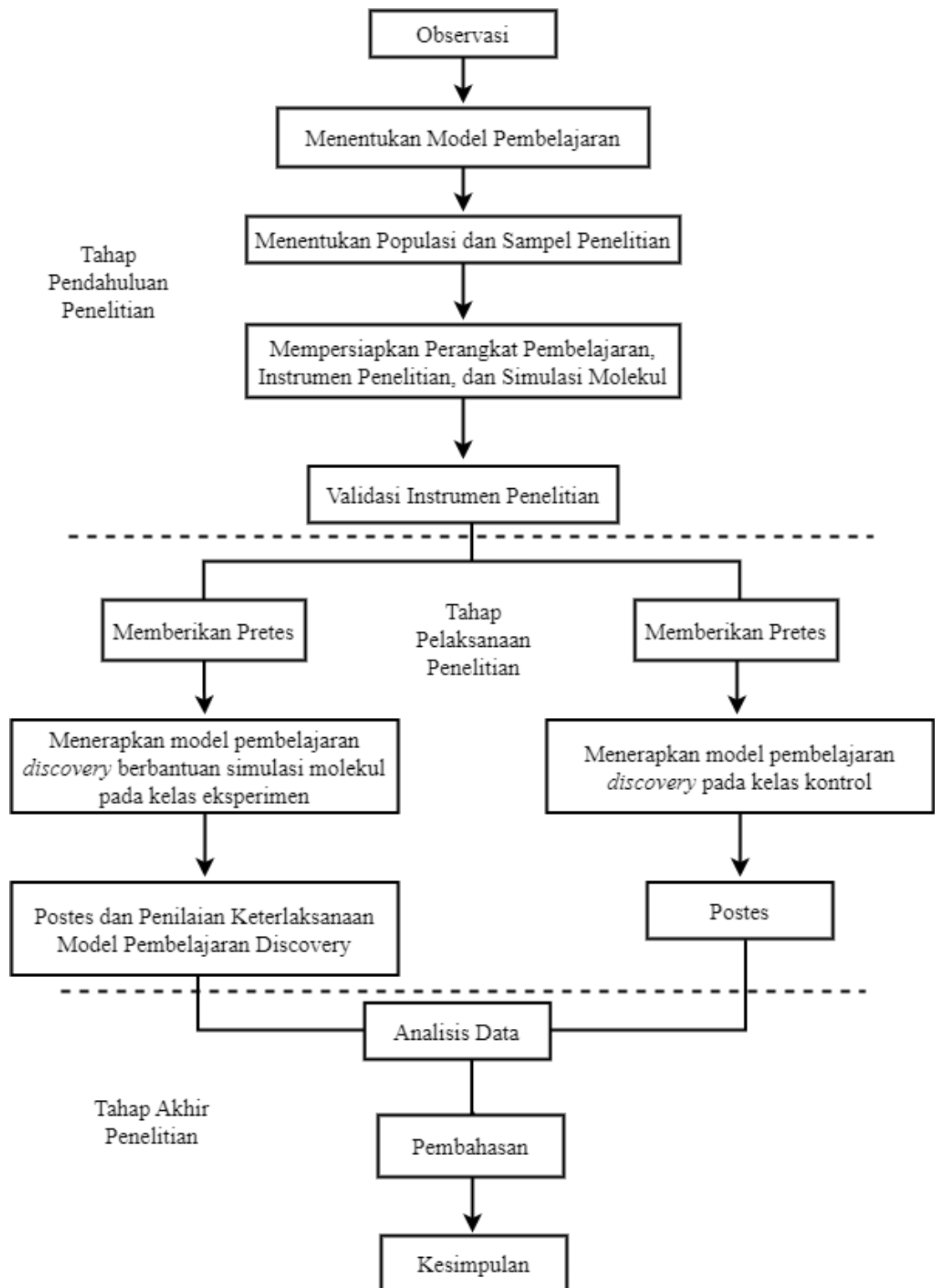
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya soal pretes dan postes materi titrasi asam-basa dan lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* dengan bantuan simulasi molekul.

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

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

1. Tahap Pendahuluan
 - a. Melakukan wawancara untuk memperoleh informasi berupa jumlah keseluruhan kelas XI IPA, data siswa, karakteristik siswa, metode yang digunakan guru untuk mengajar, jadwal pelajaran, sarana dan prasarana yang terdapat di sekolah dalam mendukung pelaksanaan penelitian.
 - b. Menentukan model pembelajaran yang akan digunakan pada materi titrasi asam-basa, yaitu dengan menggunakan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul.
 - c. Menentukan populasi dan sampel penelitian.
 - d. Mempersiapkan dan membuat perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang akan digunakan, serta simulasi molekul yang akan digunakan ialah *The Connected Chemistry Curriculum unit Titration Curves* dan *PheT Simulation* bagian *pH Scale*.
2. Tahap Pelaksanaan Penelitian
 - a. Memberikan pretes sebelum pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui kemampuan awal interpretasi makna representasi kimia pada siswa.
 - b. Melaksanakan kegiatan belajar mengajar pada materi titrasi asam-basa sesuai model yang telah ditetapkan, yaitu pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul pada kelas eksperimen dan pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi molekul pada kelas kontrol.
 - c. Melakukan pengamatan dan penilaian terhadap keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* di kelas.
 - d. Memberikan postes setelah pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia dan mengetahui efektivitas pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa kelas eksperimen.

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prosedur pelaksanaan penelitian.

3. Tahap Akhir Penelitian
 - a. Melakukan analisis data yaitu analisis validitas instrumen yang akan digunakan dan analisis data kemampuan interpretasi makna representasi kimia berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan.
 - b. Menjelaskan dan memberikan interpretasi atas hasil penelitian yang telah dianalisis menjadi suatu pembahasan.
 - c. Menyimpulkan hasil penelitian berupa jawaban atas rumusan masalah dari penelitian yang telah dilakukan.

G. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap di antaranya:

1. Analisis Validitas

Validitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan validitas suatu instrumen tes (Arikunto, 2006). Analisis validitas digunakan untuk mengetahui kualitas instrumen yang akan digunakan untuk suatu penelitian, maka perlu dilakukan pengujian terhadap instrumen yang akan digunakan karena sebuah instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur apa yang diinginkan. Pengujian instrumen pada penelitian ini adalah validitas isi. Dalam melakukan *judgement* diperlukan ketelitian dan keahlian penilai, maka dalam hal ini dilakukan oleh dosen pembimbing untuk memvalidasi instrumen yang akan digunakan. Pengujian validitas dilakukan dengan menelaah kisi-kisi, terutama kesesuaian antara tujuan penelitian, tujuan pengukuran, indikator, dan butir-butir pertanyaan. Apabila diantara unsur-unsur tersebut terdapat kesesuaian, maka dapat dinilai bahwa instrumen dianggap valid untuk digunakan untuk mengumpulkan data sesuai kepentingan penelitian yang bersangkutan.

2. Analisis Data Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia

Peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa ditentukan berdasarkan nilai tes yang telah diberikan kepada siswa. Siswa diberi soal pretes sebelum diterapkan pembelajaran, dan diberi soal postes setelah diterapkan

pembelajaran. Data hasil pretes dan postes siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol yang diperoleh dianalisis dengan cara:

a. Mengubah Skor Menjadi Nilai

Adapun rumus yang digunakan untuk mengubah skor menjadi nilai siswa adalah sebagai berikut:

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

b. Uji kesamaan dua rata-rata

Berdasarkan data nilai pretes siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol yang telah diperoleh, dilakukanlah uji kesamaan dua rata-rata. Uji kesamaan dua rata-rata dilakukan untuk mengetahui apakah siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen memiliki kemampuan interpretasi makna representasi kimia yang sama, atau untuk memastikan kemampuan awal antara kedua kelas tersebut. Sebelum dilakukan uji kesamaan dua rata-rata, perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Pengolahan data uji kesamaan dua rata-rata dilakukan menggunakan program *SPSS 25.0*.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak, yang selanjutnya dapat ditentukan uji yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis apakah menggunakan uji parametrik atau non-parametrik. Data dikatakan memenuhi asumsi normalitas atau terima H_0 jika pada *Kolmogorov-Smirnov* nilai sig. $>0,05$. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : data penelitian asal dari populasi yang berdistribusi tidak normal

2) Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah kedua kelas penelitian memiliki varians yang homogen atau tidak, yang selanjutnya dapat ditentukan uji yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis apakah menggunakan uji

parametrik atau non-parametrik. Data dikatakan memenuhi asumsi homogenitas atau terima H_0 jika pada *Levene Statistics test* nilai sig. $>0,05$. Rumusan hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : kedua kelas memiliki varians yang homogen.

H_1 : kedua kelas memiliki varians yang tidak homogen.

Berdasarkan uji normalitas dan uji homogenitas terhadap nilai pretes di kelas eksperimen dan kelas kontrol, didapatkan hasil data berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal dan data memiliki varians homogen. Berdasarkan hal tersebut, uji kesamaan dua rata-rata dilakukan menggunakan uji *Mann-Whitney U* dengan kriteria uji terima H_0 jika nilai sig (2-tailed) $>0,05$. Rumusan hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Nilai rata-rata pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen sama dengan nilai rata-rata pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi titrasi asam-basa

H_1 : Nilai rata-rata pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen tidak sama dengan nilai rata-rata pretes kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi titrasi asam-basa

c. Perhitungan *n-gain*

Peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa ditunjukkan oleh nilai *n-gain* yang diperoleh dari nilai pretes dan postes. Siswa diberi soal pretes sebelum diterapkan pembelajaran, dan diberi soal postes sesudah diterapkan pembelajaran. Rumus yang digunakan untuk menghitung *n-gain* tiap siswa dan *n-gain* rata-rata yaitu sebagai berikut:

$$n - Gain = \frac{\text{nilai postest} - \text{nilai pretest}}{100 - \text{nilai pretest}}$$

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

(Hake,1998).

Hasil perhitungan *n-gain* rata-rata kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria dari Hake (1998). Kriteria pengklasifikasian *n-gain* dapat dilihat seperti Tabel 3.

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

d. Uji Perbedaan Dua Rata-rata

Berdasarkan data nilai *n-gain* rata-rata pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang telah diperoleh, dilakukanlah uji perbedaan dua rata-rata. Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif perlakuan terhadap sampel, dengan nilai *n-gain* rata-rata kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Sebelum dilakukan uji perbedaan dua rata-rata, perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Pengolahan data uji kesamaan dua rata-rata dilakukan menggunakan program *SPSS 25.0*.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak, serta untuk menentukan uji selanjutnya apakah menggunakan uji statistik parametrik atau non-parametrik (Arikunto, 2006). Dikatakan memenuhi asumsi normalitas atau terima H_0 jika pada *Kolmogorov-Smirnov* nilai sig. $> 0,05$. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut:
 H_0 : sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal
 H_1 : data penelitian asal dari populasi yang berdistribusi tidak normal

2) Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk memperoleh asumsi bahwa kelas penelitian berasal dari varians yang sama atau homogen, yang selanjutnya untuk menentukan uji yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis. Data dikatakan memenuhi

asumsi homogenitas atau terima H_0 jika pada *Levene Statistics test* nilai sig. $>0,05$. Rumusan hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : kedua kelas memiliki varians yang homogen.

H_1 : kedua kelas memiliki varians yang tidak homogen.

Berdasarkan uji normalitas dan uji homogenitas terhadap nilai *n-gain* siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol didapatkan hasil data berdistribusi normal dan data memiliki varians homogen, maka uji kesamaan dua rata-rata menggunakan uji t atau *independent sample t-test* dengan kriteria uji terima H_0 jika nilai sig (2-tailed) $> 0,05$ dan terima H_1 jika nilai sig(2-tailed) $<0,05$. Rumusan hipotesis pada uji ini adalah:

H_0 : Nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna re-presentasi kimia siswa di kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi titrasi asam-basa

H_1 : Nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen lebih tinggi dari nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna re-presentasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi titrasi asam-basa

e. Analisis Data Keterlaksanaan Model Pembelajaran *Discovery*

Kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran menggunakan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dapat dianalisis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh observer untuk setiap aspek pengamatan, kemudian menghitung persentase ketercapaian dengan rumus:

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

Keterangan:

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

$\sum J_i$: Jumlah skor setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i

N : Skor maksimal (skor ideal)

2) Menafsirkan data dengan tafsiran 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

$40,1\% < \%J_i \leq 60,0$; kriteria sedang

$20,1 < \%J_i \leq 40,0$; kriteria rendah

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

(Sunyono, 2012).

f. Analisis Profil Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia Siswa

Profil kemampuan interpretasi kimia bertujuan untuk menggambarkan kemampuan yang dicapai siswa dalam menginterpretasi makna representasi kimia setelah diberi perlakuan. Nilai postes yang diperoleh siswa dianalisis untuk menentukan profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa setelah diberi perlakuan. Nilai postes siswa dikategorikan berdasarkan kriteria menurut Arikunto (2009). Skala kategori kemampuan interpretasi makna representasi kimia disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Skala kategori kemampuan interpretasi makna representasi kimia

Nilai	Kategori
81-100	Sangat baik
61-80	Baik
41-60	Cukup
21-40	Kurang
0-20	Sangat kurang

(Arikunto, 2009).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada materi titrasi asam-basa.
2. Profil kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa setelah diberi perlakuan pada kelas eksperimen terdapat 17% siswa berkategori kurang, 27% siswa berkategori cukup, 53% siswa berkategori baik, dan 3% siswa berkategori sangat baik.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada materi titrasi asam-basa, maka disarankan untuk:

1. Pada penerapan pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul, hendaknya memperhatikan alokasi waktu dan koneksi internet pada siswa. Karena hal tersebut dapat memperlambat pelaksanaan pembelajaran sehingga membuat waktu pelaksanaan pembelajaran menjadi tidak efektif.
2. *Website* simulasi molekul *The Connected Chemistry Curriculum* terkadang mengalami kesalahan koneksi, sehingga bagi calon peneliti lain yang akan menggunakan simulasi molekul dapat mencari alternatif lain yang mudah diakses.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. 1999. The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131–152.
- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. 2004. Multiple forms of dynamic representation. *Learning & Instruction*, 14(3), 241–255.
- 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.
- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Arikunto, S., & Jabar, C.S.A. 2009. *Evaluasi Program Pendidikan Edisi Kedua*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Bara, F., Harso, A., & Astro, R. 2023. The Effect of Animation and Simulation Assisted *Discovery Learning Model* On Students' Science Learning Outcome. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 8(1), 73–78.
- Baldwin, D. 1996. *Discovery learning in computer science*. *SIGCSE Bulletin (Association for Computing Machinery, Special Interest Group on Computer Science Education)*, 28(1), 222–226.
- Bicknell-Holmes, T., & Hoffman, P. 2000. Elicit, engage, experience, explore: *Discovery learning in library instruction*. *Reference Services Review*, 28(4), 313–322.
- Castronova, J. A. 2002. *Discovery learning for the 21st century: article manuscript*. *Odum Library*, 1(1), 1–9.
- Chan, C., & Fok, W. 2009. Evaluating learning experiences in virtual laboratory training through student perceptions: a case study in Electrical and Electronic Engineering at the University of Hong Kong. *Engineering Education*, 4(2), 70–75.
- Chang, R. 2003. *Kimia dasar : Konsep-konsep Inti* Jilid 1 Edisi ketiga. Erlangga, Jakarta.

- Chang, H. Y., & Tzeng, S. F. 2018. Investigating Taiwanese Students' Visualization Competence of Matter at the Particulate Level. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 16(7), 1207–1226.
- Chi, S., Wang, Z., Luo, M., Yang, Y., & Huang, M. 2018. Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (Grades 1012) across gender. *Chemistry Education Research & Practice*, 19(4), 1055–1064.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. 2007. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research & Practice*, 8(3), 274–292.
- Devetak, I., Urbancic, M. Grm, K., & Krnel, D. 2004. Submicroscopic Representations As A Tool For Evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chim. Slov.*, 51(4), 799–814.
- Dunn, J., & Ramnarain, U. 2020. The effect of simulation-supported inquiry on south african natural sciences learners' understanding of atomic & molecular structures. *Education Sciences*, 10(10), 1–12.
- Fensham, P. 1988. *Developments & Dilemmas In Science Education (1st ed.)*. Routledge. Monash University, Australia.
- Finkelstein, N., Adams, W., Keller, C., Perkins, K., & Wieman, C. 2006. High-tech tools for teaching physics: The physics education technology project. *Physics Education*, 2(3), 110–121.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. 2012. How to design and evaluate research in education (8th ed.). Mc Graw Hill, New York.
- Francoeur, E. 1997. The forgotten tool: The design and use of molecular models. *Social Studies of Science*, 27(1), 7–40.
- Francoeur, E. 2002. Cyrus Levinthal, the Kluge and the origins of interactive molecular graphics. *Endeavour*, 26(4), 127–131.
- 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.
- Hake, R. R. 1998. Interactive Engagment vs Traditional Methods: A Six Thousandstudent Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Course. *American Journal of Physics*, 66(1), 67-74.
- Hammer, D. 1997. *Discovery learning and discovery teaching*. *Cognition and Instruction*, 15(4), 485–529.

- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. 2012. A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973–998.
- Johnstone, A. 1993. The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Johnstone, A. 2000. Teaching of chemistry - logical or psychological?. *Chemistry Education: Research and Practice In Europe Edu.* 1(1), 9–15.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2017. *Model-model Pembelajaran*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, Jakarta.
- Kozma, R. B., & Russell, J. 1997. Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Kozma, R., & Russell, J. 2005. Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. *Visualization in Science Education*, 121–145.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. 1998. Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3–4), 313–350.
- 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, 235–248.
- Milenković, D. D., Segedinac, M. D., & Hrin, T. N. 2014. Increasing high school students' chemistry performance & reducing cognitive load through an instructional strategy based on the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1409–1416.
- 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.
- Nakhleh, M. B. 1992. Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Orgill, M., & Sutherland, A. 2008. Undergraduate Chemistry Students' Perceptions Of and Misconceptions About Buffers and Buffer Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9, 131–143.

- Pedrosa, M. A., & Dias, M. H. 2000. Chemistry Textbook Approaches To Chemical Equilibrium and Student Alternative Conceptions. *Chemistry Education Research Practice*, 1(2), 227–236.
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Hayward, E. O. 2009. Design factors for educationally effective animations and simulations. *Journal of Computing in Higher Education*, 21(1), 31–61.
- Rieber, L. P., Tzeng, S. C., & Tribble, K. 2004. *Discovery learning, representation, and explanation within a computer-based simulation: Finding the right mix. Learning and Instruction*, 14(3), 307–323.
- Rusman, D. 2012. *Model-model pembelajaran*. Raja Grafindo, Jakarta.
- Sheppard, K. 2006. High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 32–45.
- Sim, J. H., & Daniel, E. G. S. 2014. Representational competence in chemistry: A comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations. *Cogent Education*, 1(1), 1–17.
- Songer, N. B. 1989. Technological tools for scientific thinking and *discovery*. *Journal of Reading, Writing, & Learning Disabilities International*, 5(1), 23–41.
- Sriyono. 1992. *Teknik Belajar Mengajar dalam CBSA*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Stieff, M., & Wilensky, U. J. 2003. Connected Chemistry-Incorporating interacting simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 285–302.
- Stieff, M. 2005. Connected chemistry - A novel modeling environment for the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 82(3), 489–493.
- Stieff, M. 2011. Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1137–1158.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Tarsito, Bandung.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Sunyono. 2012. *Buku Model Pembelajaran Berbasis Multiple Representasi (Model SiMaYang)*. Bandarlampung: Aura Printing and Publishing.

- Taber, K. S. 2002. *Chemical Misconceptions - Prevention, Diagnosis and Cure: Theoretical background* Vol. 1. Royal Society of Chemistry, London.
- Talanquer, V. 2011. Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Tasker, R., & Dalton, R. 2006. Research into practice: Visualisation of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 141–159.
- Treagust, D. F., & Chittleborough, G. 2001. Chemistry: A matter of understanding representations. In *Advances in Research on Teaching*. 8, 239-267.
- 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.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. 2002. Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247–262.
- van Joolingen, W. R., & de Jong, T. 1996. Design and implementation of simulation-based *discovery* environments: The SMISLE solution. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 7(3/4), 253–276.
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. 1995. The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521–534.
- Wicaksono, A. 2008. *Efektivitas Pembelajaran*. Erlangga, Jakarta.
- Wu, H. K., & Shah, P. 2004. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.
- Xie, Q., & Tinker, R. 2006. Molecular dynamics simulations of chemical reactions for use in education. *Journal of Chemical Education*, 83(1), 77–83.
- Yarroch, W. L. 1985. Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449–459.
- Zoller, U. 1990. Students’ misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053–1065.