

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

(Skripsi)

Oleh

**Anfasa Rizga Aprilia
NPM 2013023006**



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

ABSTRAK

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

Oleh

ANFASA RIZGA APRILIA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada materi hukum dasar kimia. Metode dalam penelitian menggunakan desain penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X di SMA N 1 Katibung Kabupaten Lampung Selatan Tahun Pelajaran 2024/2025. Sampel dalam penelitian ini adalah kelas X Merdeka 2 sebagai kelas eksperimen dan X Merdeka 3 sebagai kelas kontrol yang didapatkan dari teknik sampling *cluster random sampling*. Teknik analisis data yang digunakan adalah uji perbedaan dua rata-rata dengan uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* bernilai 0,75 atau berkriteria tinggi di kelas eksperimen. Hasil uji t menunjukkan 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 pada materi hukum dasar kimia. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi hukum dasar kimia.

Kata kunci: pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul, hukum dasar kimia, kemampuan interpretasi makna representasi kimia, simulasi molekul, representasi kimia.

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED *DISCOVERY* LEARNING TO ENHANCE THE ABILITY TO INTERPRET THE MEANING OF CHEMICAL REPRESENTATIONS ON FUNDAMENTAL CHEMICAL LAWS

By

ANFASA RIZGA APRILIA

This study aims to describe the effectiveness of the *discovery* learning model based on molecular simulations in enhancing students' ability to interpret the meaning of chemical representations on the topic of fundamental chemical laws. The research used a Pretest-Posttest Control Group Design. The population of this study consisted of all tenth-grade students at SMA N 1 Katibung, South Lampung, for the 2024/2025 academic year. The samples were taken from the X Merdeka 2 class as the experimental group and the X Merdeka 3 class as the control group, selected through cluster random sampling. The data analysis used a t-test for comparing two means. The results showed that the average n-gain in the experimental group was 0.75, which is categorized as high. The t-test revealed that the average n-gain in students' ability to interpret the meaning of chemical representations in the experimental class was higher than that in the control class for the topic of fundamental chemical laws. Based on these findings, it can be concluded that the *discovery* learning model based on molecular simulations is effective in improving the ability to interpret the meaning of chemical representations in the context of fundamental chemical laws.

Keywords: simulation-based *discovery* learning, fundamental chemical laws, ability to interpret chemical representations, molecular simulations, chemistry representation

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

Oleh

Anfasa Rizga Aprilia

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



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

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN
DISCOVERY BERBASIS SIMULASI
MOLEKUL UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
INTERPRETASI MAKNA
REPRESENTASI KIMIA PADA
MATERI HUKUM DASAR KIMIA**

Nama Mahasiswa : **Anfasa Rizqa Aprilia**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2013023006**

Program Studi : **Pendidikan Kimia**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. **Komisi Pembimbing**

Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.
NIP 19860728 200812 2 001

Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.
NIP 19901206 201912 1 001

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua

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



Sekretaris

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



Penguji
Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Sunyono, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Sunyono, M.Si.

NIP 19651230 1991111 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Desember 2024

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Anfasa Rizga Aprilia
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023006
Program Studi : Pendidikan Kimia
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Judul Skripsi : Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis
Simulasi Molekul Untuk Meningkatkan
Kemampuan Interpretasi Makna Representasi
Kimia Pada Materi Hukum Dasar Kimia

Dengan ini menyatakan bahwa 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 ini dan disebut dalam daftar pustaka.

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

Bandar Lampung, 24 Desember 2024
Yang Menyatakan,



METERAI
TEMPEL
0000AAAMX133782597

Anfasa Rizga Aprilia
NPM 2013023006

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 29 April 2003, sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Samsir dan Ibu Afnani. Pendidikan formal diawali pada tahun 2007 di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Panjang, Bandar Lampung. Kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri 2 Pardasuka pada tahun 2008 dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya mengenyam pendidikan di SMP Al Kautsar Bandar Lampung dari tahun 2014 hingga lulus pada tahun 2017. Selanjutnya pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 9 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2020.

Kemudian terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa pernah terdaftar dalam organisasi internal kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Eksakta, dan Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP Unila. Tahun 2023 melaksanakan Program Pengenalan Lapangan Persekolahan di SMAN 1 Negara Batin, Way Kanan dan Kuliah Kerja Nyata di Desa Negara Batin, Kecamatan Negara Batin, Way Kanan.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirahiim

Alhamdulillah atas Kehadirat Allah Swt. Rahmat dan karunia-Nya yang tak pernah berhenti sepanjang hidup ini. Penulis diberikan kekuatan, dan kasih sayang dari Allah sehingga dapat menyelesaikan karya tulis ini

Dengan sangat bersyukur, saya persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat saya cintai:

Orang tuaku Ibu Afnani dan (Alm.) Bapak Samsir, terimakasih atas segala pengorbanan, doa, dukungan dan rasa cinta yang tidak pernah putus selama hidup ini. Semoga selalu diberikan Kesehatan dan kebahagiaan oleh Allah Swt.

Kakak-kakakku Berty Safeni Putri, Aulia Gustina Citra, dan Reza Pahlevi, terimakasih sudah selalu mendoakan dan selalu mendukung seluruh langkahku.

Keluarga Besar, Rekan, dan Sahabat, terimakasih selalu berada disisi pada setiap keadaan, selalu memberikan hiburan dan canda tawa.

Dan almamaterku, Universitas Lampung

MOTTO

"Take advantage of your free time before it is taken from you. Do not delay good deeds, for time moves swiftly, and the opportunities to do good are precious."

-Umar Ibn Khatab

" We must believe that we are gifted for something and that this thing must be attained".

-Marie Curie

"No one can make you feel inferior without your consent"

-Eleanor Roosevelt

*"So make the best of this test, and don't ask why
It's not a question, but a lesson learned in time"*

-Green Day ; Good Riddance

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia Pada Materi Hukum Dasar Kimia" sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan di Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung sekaligus Pembahas untuk segala masukan dan perbaikan yang telah diberikan;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Ibu Dr. M. Setyorini, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia;
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasinya dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Andrian Saputra S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasinya dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan seluruh staf Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Lampung, atas ilmu yang telah diberikan;
7. Bapak Arif Laksono, S.Pd., Gr. dan Ibu Lilik, S.T, Gr., selaku guru mata pelajaran kimia SMAN 1 Katibung Lampung Selatan atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
8. Tim Skripsiku, Emilia Nafaza dan Risna Wahyuni, terima kasih untuk kerjasamanya dan segala kerja keras yang kita lakukan bersama untuk menyelesaikan penelitian ini;

9. Rekan seperjuanganku, Alvira, Anggun, Nurul, Fasya, Erviantina, Ika, Athifah, dan Choirul terima kasih telah selalu ada disampingku selama berkuliah di Pendidikan Kimia;
10. Sahabatku, Anjar Dwipaningtyas, Meuthya Hanna, dan Veni Alpiona. Terima kasih selalu mendampingi dan membantu dalam segala kesulitan saat pengerjaan skripsi ini;
11. Teman-temanku, Inna Tasya, Adelia Rafika, Aliyah Prarahmanita, terima kasih selalu menghibur dan merangkulku disaat ada kesulitan meskipun jauh di kota orang;
12. Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Bandar Lampung, 24 Desember 2024

Penulis,

Anfasa Rizga Aprilia

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Representasi Kimia	7
B. Kompetensi Representasional	8
C. Pembelajaran Kimia Berbantuan Simulasi Molekul.....	9
D. Pembelajaran <i>Discovery</i>	13
E. Penelitian yang Relevan.....	15
F. Kerangka Berpikir.....	17
G. Anggapan Dasar.....	19
H. Hipotesis	20
III. METODE PENELITIAN	21
A. Populasi dan Sampel Penelitian	21
B. Model dan Desain Penelitian	21
C. Variabel Penelitian.....	22
D. Perangkat Pembelajaran.....	22
E. Instrumen Pengumpulan Data.....	22
F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	22
G. Analisis Data.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
1. Validitas, Reliabilitas Instrumen, dan Fungsi Distraktor.....	33
2. Data kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia Siswa.....	35
3. Uji Perbedaan Dua Rata-rata.....	38
4. Uji ukuran pengaruh (<i>effect size</i>).....	40
5. Rata-rata nilai siswa per indikator kemampuan interpretasi makna representasi kimia	46

6. Analisis data keterlaksanaan model pembelajaran <i>discovery</i> berbasis simulasi molekul	53
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	61
Lampiran 1. Modul Ajar	62
Lampiran 2. Kisi-kisi soal pretes-postes	85
Lampiran 3. Soal pretes-postes	87
Lampiran 4. Rubrik penilaian	91
Lampiran 5. LKPD Kelas Eksperimen	97
Lampiran 6. LKPD Kelas Kontrol	104
Lampiran 7. Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran <i>Discovery</i>	109
Lampiran 8. Rekapitulasi hasil penilaian Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran <i>Discovery</i>	112
Lampiran 9. Data pemeriksaan jawaban siswa	121
Lampiran 10. Hasil Data	126
Lampiran 11. Skor Uji Validitas dan Reliabilitas	128
Lampiran 12. Hasil Uji SPSS	130
Lampiran 13. Surat Izin Penelitian.....	132
Lampiran 14. Analisis <i>effect size</i>	133

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian yang relevan terkait pembelajaran kimia berbantuan simulasi molekul untuk meningkatkan pemahaman representasi.	15
2. Desain penelitian <i>Pre-Test and Post-Test Control Group Design</i>	21
3. Kriteria Tingkat Kesukaran Butir Soal	26
4. Kriteria Daya Pembeda (DP)	27
5. Klasifikasi <i>n-gain</i> menurut Hake (1988).....	29
6. Interpretasi nilai <i>Cohen's d</i>	31
7. Hasil uji validitas instrumen.....	34
8. Hasil analisis tingkat kesukaran butir soal	34
9. Hasil analisis daya beda butir soal	35
10. Hasil Analisis Fungsi Distraktor	35
11. Hasil Uji Normalitas terhadap nilai <i>n-gain</i> kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa.....	39
12. Hasil uji homogenitas nilai <i>n-gain</i> kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa.....	39
13. Hasil <i>Uji Effect size</i>	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga level representasi yang digunakan dalam kimia menurut Johnstone (2000)	8
2. Tampilan awal <i>website</i> simulasi <i>PhET</i>	10
3. Tampilan halaman opsi " <i>molecules</i> "	10
4. Tampilan halaman simulasi " <i>make water</i> "	11
5. Tampilan halaman simulasi " <i>combust methane</i> "	11
6. Tampilan halaman simulasi " <i>sandwiches</i> "	11
7. Tampilan opsi <i>custom</i>	12
8. Halaman depan Javalab	12
9. Tampilan halaman simulasi " <i>Avogadro's Law</i> "	13
10. <i>The Cone of Learning</i> by Edgar Dale	15
11. Bagan kerangka berfikir	19
12. Prosedur pelaksanaan penelitian	24
13. Nilai rata-rata pretes dan postes kemampuan interpretasi makna	36
14. Rata-rata nilai <i>n-gain</i> pada kedua kelas penelitian	37
15. Persebaran <i>n-gain</i> pada kedua kelas penelitian	38
16. Simulasi molekul untuk LKPD 1	42
17. Tabel hasil pengamatan simulasi molekul LKPD 1	42
18. Simulasi molekul pada LKPD 2	42
19. Tabel hasil pengamatan simulasi molekul LKPD 2	43
20. Simulasi molekul pada LKPD 3	43
21. Tabel hasil pengamatan simulasi molekul pada LKPD 3	43
22. Jawaban siswa kelas eksperimen pada tahapan data processing untuk LKPD 1	44
23. Jawaban siswa kelas eksperimen pada tahapan data processing untuk LKPD 2	45

24. Jawaban siswa kelas eksperimen pada tahapan data processing untuk LKPD 3	45
25. Rata-rata nilai siswa kelas eksperimen per indikator kemampuan interpretasi makna representasi kimia	47
26. Soal pretes-postes kemampuan interpretasi makna representasi kimia nomor 1	48
27. Jawaban pretes soal nomor 1 siswa nomor absen 9	48
28. Jawaban postes soal nomor 1 siswa nomor absen 9.....	49
29. Soal pretes-postes nomor 2	50
30. Jawaban pretes soal nomor 2 siswa nomor absen 19	50
31. Jawaban postes soal nomor 2 siswa nomor absen 19.....	50
32. Representasi untuk soal nomor 3	51
33. Jawaban pretes soal nomor 3 siswa nomor absen 20	51
34. Jawaban postes soal nomor 3 siswa nomor absen 20.....	52
35. Rata-rata persentase keterlaksanaan model pembelajaran discovery berbasis simulasi molekuler	53

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu kimia adalah disiplin ilmu yang mendalami sifat dan transformasi materi. Transformasi kimia melibatkan unsur dan senyawa sebagai komponen dasar. Ilmu kimia mempelajari komposisi, struktur, sifat, perubahan, dan energi yang menyertainya. Selain itu, kimia mempelajari fenomena alam. Berdasarkan fenomena alam ini, konsep, teori, dan hukum dikembangkan. Konsep, teori, dan hukum ini kemudian dapat digunakan kembali untuk menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di alam. Dalam menjelaskan fenomena alam ini, kimia menghubungkan tingkat makroskopis, mikroskopis, dan simbolik (Redhana, 2019). Banyak orang menganggap sulit untuk mengajar dan mempelajari Kimia, pandangan tersebut muncul karena sebagian besar konsep kimia berada pada tingkat molekuler, yang membuatnya terasa abstrak (Johnstone, 2000; Kozma & Russell, 1997; Shehab & BouJaoude, 2017). Karena karakteristik konsep kimia yang bersifat kompleks dan abstrak membuat pembelajaran yang diberikan untuk memahami konsep-konsep kimia yang saling keterkaitan serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari menjadi lebih sulit sehingga pembelajaran perlu direpresentasikan (Dunn, 2020).

Pemecahan masalah kimia akan menjadi lebih mudah jika pembelajaran kimia dilakukan dengan melatih siswa menggunakan berbagai bentuk representasi (*multiple representations*) (Sunyono, 2013). Dalam domain ilmu kimia, konsep representasi terbentuk sebagai tiga dimensi yang saling terkait, membentuk suatu kerangka yang sering disebut sebagai segitiga representasi. Dimensi pertama adalah tingkat makroskopik yang melibatkan pengamatan

fenomena kimia yang dapat diamati, diraba, atau dicium aromanya. Kemudian, pada tingkat sub-mikroskopik, kita memasuki dunia partikel seperti atom, molekul, dan ion. Terakhir, pada tingkat simbolik, kita berhadapan dengan rumus, persamaan kimia, molaritas, grafik, dan perhitungan matematis. Ketiga dimensi ini berbeda satu sama lain, namun memiliki peran yang setara dalam memahami ilmu kimia (Johnstone, 1991). Representasi kimia juga diklasifikasikan ke dalam dua jenis representasi, yaitu representasi statis dan representasi dinamis. Ketika mengacu pada proses pembelajaran dengan simulasi, penekanan diberikan pada pemanfaatan representasi dinamis (Kozma & Russell, 2005). Representasi dinamis terbukti lebih efektif dibandingkan dengan representasi statis dalam mendorong pemahaman molekuler tentang perubahan materi (Ardac & Akaygun, 2005). Lebih lanjut, representasi dinamis juga terbukti lebih superior dalam meningkatkan model mental siswa (Chen *et al.*, 2015).

Dalam kerangka kompetensi representasi kimia, terdapat beberapa keterampilan yang esensial, sebagaimana diuraikan oleh Kozma & Russell (2005), mencakup kemampuan interpretasi makna representasi kimia, keterampilan translasi antara representasi yang berbeda pada level yang sama, dan kemampuan translasi antara representasi yang berbeda di berbagai level. Dalam penelitian ini, akan diteliti tentang kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa. Keberhasilan dalam kemampuan tersebut tercapai ketika siswa dapat mengidentifikasi dan menjelaskan fitur dan pola dalam representasi kimia.

Pada dasarnya menginterpretasikan makna dari representasi adalah praktik inti dan paling penting di lingkungan pembelajaran kimia (Michalchik *et al.*, 2008). Jika siswa mengalami kesulitan pada salah satu dari tiga tingkat representasi (makroskopik, submikroskopik, atau simbolik), atau mengalami kebingungan di antara ketiga tingkat tersebut, hal ini dapat mengganggu pembelajaran kimia lebih lanjut, oleh karena itu penting bagi siswa untuk mampu dalam hal menginterpretasikan dan menggunakan representasi kimia untuk mempelajari materi kimia (Sim & Daniel, 2014). Saat yang tepat untuk mulai memperoleh beberapa keterampilan dalam menggunakan representasi adalah pada tahap awal pem-

belajaran kimia, yakni di tahun pertama sekolah menengah atas atau tepatnya di kelas X.

Berdasarkan hasil observasi dengan guru mata pelajaran kimia kelas X SMAN 1 Katibung Kabupaten Lampung Selatan, kenyataannya pembelajaran kimia terutama dalam materi hukum dasar kimia di kelas X SMAN 1 Katibung belum melibatkan kemampuan representasi siswa. Guru kimia kelas X di SMAN 1 Katibung saat ini sudah menggunakan ketiga bidang representasi kimia dalam pembelajarannya. Mereka menggunakan rumus kimia, grafik, gambar makroskopis dan submikroskopis sederhana. Namun, kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa belum dilatihkan kepada siswa dan belum diukur. Untuk media pembelajaran guru hanya menggunakan PowerPoint dan belum mengetahui tentang simulasi molekul yang dinamis dan interaktif, apalagi untuk menggunakannya dalam pembelajaran kimia di kelas.

Simulasi sangat penting untuk menghubungkan berbagai representasi kimia (Treagust, 2003). Simulasi molekul memiliki kemampuan untuk menggambarkan visualisasi molekul di tingkat submikroskopis (Meir *et al.*, 2005). Dalam penelitian ini akan digunakan dua simulasi yaitu simulasi *PhET* yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari University of Colorado di Boulder, Amerika Serikat, dan juga *website javalab*. Untuk menggunakan animasi atau simulasi secara efektif, penting untuk mengalihkan perhatian siswa agar tetap fokus, menghindari beban memori yang berlebihan, dan menjalin hubungan antara materi yang diajarkan dengan pengetahuan sebelumnya. Pendekatan ini dapat diterapkan melalui penerapan model pembelajaran konstruktivis yang memanfaatkan pemahaman tentang bagaimana siswa memproses informasi dan belajar (Tasker & Dalton, 2006).

Salah satu model pembelajaran yang dapat diaplikasikan dalam mengintegrasikan simulasi molekul adalah model pembelajaran *discovery* (Bicknell-Holmes & Hoffman, 2000; Castronova, 2002). Pembelajaran *discovery* mencakup model instruksional dan strategi yang berfokus pada keaktifan dan kesempatan belajar bagi siswa (Castronova, 2002). Tahapan dalam *model* pembelajaran *discovery* adalah (a) *Passing stimulation* (pemberian rangsangan); (b) *Statement/Problem*

Identification (identifikasi masalah); (c) *Data collection* (pengumpulan data); (d) *Data Processing* (pengolahan data); (e) *Proof (verification)* (pembuktian); dan (f) *Drawing conclusions/generalizations* (menarik kesimpulan) (Brunner, 1961; Nadjamuddin dkk.,2022).

Dengan menggunakan simulasi molekul, siswa dapat menemukan cara belajar yang efektif dan efisien (Correia *et.al.*, 2018). Simulasi molekul seperti *website PhET* sukses untuk meningkatkan pemahaman representasi siswa (Moore *et al.*, 2014). Dalam memperluas pemahaman siswa, direkomendasikan untuk melakukan pendekatan bertahap menggunakan simulasi komputer, khususnya pada tingkat molekuler. Tujuan dari pendekatan ini adalah agar konsep-konsep yang diperoleh siswa menjadi lebih terperinci dan dapat diterapkan dengan lebih baik dalam situasi-situasi baru yang lebih kompleks pada akhirnya (Khan & Chan, 2011).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Efektivitas Pembelajaran *Discovery* Berbasis Simulasi Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia pada Materi Hukum Dasar Kimia”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektifitas model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi hukum dasar kimia?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan efektifitas model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi hukum dasar kimia.

D. Manfaat Penelitian

Dari efektifitas model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia, diharapkan terdapat manfaat bagi :

1. Siswa

Dapat memberikan pengalaman pembelajaran *discovery* menggunakan representasi kimia untuk memperdalam pemahaman konsep hukum dasar kimia, dan melatih serta meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia.

2. Guru

Dapat menjadi referensi model pembelajaran yang berguna bagi guru dalam memvisualisasikan konsep hukum dasar kimia dan memberikan panduan dalam mengatasi potensi kesulitan pembelajaran pada materi tersebut.

3. Sekolah

Dapat menyediakan informasi berharga yang dapat digunakan sebagai kontribusi untuk meningkatkan mutu pembelajaran kimia di sekolah, terutama pada materi hukum dasar kimia.

4. Peneliti lain

Dapat menyediakan kontribusi pengetahuan yang dapat menjadi landasan bagi penelitian masa depan dengan fokus serupa.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran dikatakan efektif apabila *n-gain* rata-rata kelas eksperimen minimal berkategori sedang dan *n-gain* rata-rata pada kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan daripada kelas kontrol.
2. Model pembelajaran *discovery* terdiri dari 6 tahap yaitu *passing stimulation* (pemberian rangsangan), *statement/problem identification* (identifikasi masalah), *data collection* (pengumpulan data), *data processing* (pengolahan data), *proof (verification)* (pembuktian), *drawing conclusions/generalizations* (menarik kesimpulan) (Brunner, 1961; Nadjamuddin dkk.,2022).

3. Simulasi molekul yang digunakan dalam penelitian ini adalah *The Physics Educations Technology (PhET)* diakses melalui <https://PhET.colorado.edu/> dan *website javalab* diakses melalui <https://javalab.org/>.
4. Indikator kemampuan interpretasi makna representasi kimia yakni ketika mereka mampu untuk mengidentifikasi fitur dan pola dalam representasi kimia serta menjelaskan fitur-fitur dan pola dalam representasi kimia (Kozma & Russell, 2005).
5. Materi pembelajaran yang dibahas dalam penelitian ini adalah hukum dasar kimia, mencakup Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier), Hukum Perbandingan Tetap (Proust), Hukum Kelipatan Perbandingan (Dalton), Hukum Perbandingan Volume (Gay-Lussac), dan Hipotesis Avogadro.

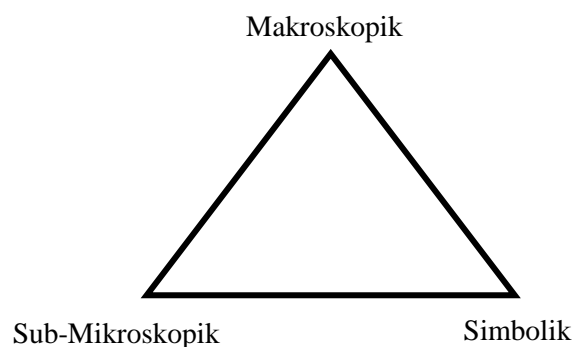
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Representasi Kimia

Pada umumnya materi kimia berisi fenomenologi dan abstraksi, untuk menjembatani antara fenomenologi dan abstraksi, para ahli menggunakan beberapa representasi yang kemudian dikenal dengan representasi kimia. Representasi kimia memiliki sejumlah arti; memberi gambaran (*to depict as*), mengingatkan pikiran melalui imaji atau imajinasi (*to call in or portrayal or imagination*), dan melambangkan (*to symbolize*) (Gilbert & Treagust, 2009; Kozma & Russel, 2005; Hamid, 2018).

Kimia juga memiliki sifat yang unik. Sifat-sifat ini dapat diamati secara langsung pada tingkat makroskopik, namun juga memiliki sifat-sifat yang tidak terlihat pada tingkat submikroskopis. Meskipun tingkat submikroskopis sebenarnya memiliki keberadaan yang sama dengan tingkat makroskopik, perbedaan utamanya hanya terletak pada skala. Kehadiran yang tidak dapat dilihat pada tingkat submikroskopis seringkali menimbulkan kesulitan dalam penerimaan sebagai sesuatu yang nyata (Chittleborough & Treagust, 2003).

Penerapan representasi merupakan suatu praktik dalam proses pembelajaran, yaitu dengan tujuan mendukung pemahaman siswa terhadap simbol dan struktur molekuler, serta untuk mengembangkan wawasan mereka terhadap fenomena ilmiah yang direpresentasikan oleh simbol dan molekul tersebut (Roth & McGinn, 1998). Tiga ranah representasi kimia dapat dianggap sebagai sudut segitiga. Tidak ada tingkatan yang lebih unggul dari yang lain, dimana ketiganya saling melengkapi yaitu makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Johnstone, 2000). Tiga tingkat representasi kimia disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tiga level representasi yang digunakan dalam kimia menurut Johnstone (2000)

B. Kompetensi Representasional

Kompetensi representasi mencakup beragam keterampilan dan praktik, sebagaimana diungkapkan oleh Sim & Daniel (2014). Menurut Kozma & Russell (2005), inti dari kurikulum substantif kompetensi representasional dalam konteks kimia mencakup beberapa aspek, yaitu:

1. Keterampilan dalam menggunakan representasi untuk menggambarkan fenomena kimia yang dapat diamati, terkait dengan entitas dan proses molekuler yang mendasarinya.
2. Keterampilan dalam menggunakan representasi untuk menyusun penjelasan.
3. Keterampilan dalam menafsirkan makna dari representasi kimia.
4. Keterampilan translasi antara berbagai representasi pada tingkat yang sama.
5. Keterampilan translasi antara representasi yang berbeda di berbagai tingkatan.
6. Keterampilan dalam mengadopsi posisi epistemologis yang sesuai dengan representasi, meskipun berbeda dari fenomena yang diamati.
7. Keterampilan dalam membentuk hubungan antara representasi dan konsep.

Kemampuan representasi kimia merujuk pada keterampilan seseorang dalam menggunakan berbagai representasi atau visualisasi secara reflektif. Kemampuan ini melibatkan kemampuan untuk mengintegrasikan, berpikir, berkomunikasi, dan bertindak terkait dengan suatu fenomena kimia, termasuk pemahaman terhadap entitas fisik dan proses yang terlibat (Kozma & Russell, 2005).

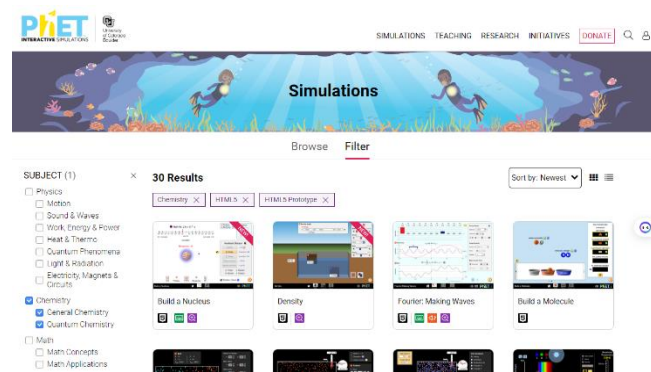
Dengan merujuk pada keterampilan kompetensi representasional dalam bidang kimia menurut Kozma & Russell (2005), kemampuan siswa dalam menafsirkan

makna dari representasi kimia dapat terwujud apabila mereka dapat mengenali ciri-ciri dan pola dalam representasi kimia serta menjelaskan fitur-fitur dan pola dalam representasi kimia.

C. Pembelajaran Kimia Berbantuan Simulasi Molekul

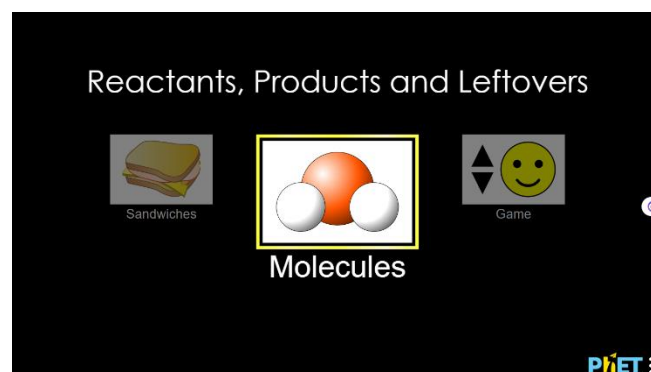
Pemanfaatan simulasi dalam proses pembelajaran dapat membantu siswa untuk lebih mudah membayangkan konsep-konsep abstrak pada tingkat partikulat. Dengan demikian, siswa dapat menjalin hubungan antara representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik dari suatu konsep. Hasil studi penelitian mengenai dampak penggunaan simulasi dalam pembelajaran kimia menunjukkan bahwa simulasi memberikan pengaruh positif terhadap pencapaian belajar. Menurut Stieff dan Wilensky (2003), simulasi dapat memberikan gambaran tentang konsep dan interaksi pemahaman pada tingkat partikulat (molekuler) terkait fenomena kimia. Di sisi lain, berdasarkan penelitian mereka, Gil & Paiva (2006) menyatakan bahwa penggunaan simulasi dalam menjelaskan proses kimia dapat meningkatkan pemahaman konseptual. Dalam penelitian ini akan digunakan yaitu *Physics Education Technology (PhET)* dan *website javalab.org*.

Physics Education Technology (PhET) menyediakan berbagai simulasi yang terkait dengan konsep-konsep sains. Dengan menggunakan representasi interaktif, simulasi-simulasi yang disediakan memungkinkan siswa untuk menjelajahi fenomena kimia yang kompleks, seperti melarutkan dan beberapa representasi lainnya, yang mencakup tingkat partikulat, simbolis, dan makroskopik (Moore et al., 2014). Berbeda dengan memerlukan interpretasi dari model visual statis, siswa dapat terlibat aktif dan berdiskusi tentang sistem dinamis yang memberikan umpan balik yang dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran mereka. *PhET* menyajikan berbagai simulasi fisika, kimia, biologi, dan matematika. Setiap simulasi telah diujikan terlebih dahulu kepada siswa, dan terdapat banyak tema simulasi, termasuk topik kimia seperti asam-basa, bentuk molekul, dan sebagainya. Tampilan awal *website* simulasi *PhET* dilampirkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan awal *website* simulasi *PhET*

Pilihan simulasi pada *website PhET* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah simulasi yang berjudul “*Reactants, Products, and Leftovers*” terdapat 3 pilihan, yaitu simulasi dengan dilambangkan sebagai proses pembuatan roti lapis (*sandwiches*), simulasi molekul (*molecules*), dan permainan (*game*). Yang akan digunakan di penelitian ini adalah opsi “*molecules*” dan opsi “*sandwiches*”. Tampilan halaman opsi “*molecules*” pada simulasi *PhET* ditampilkan pada Gambar 3.

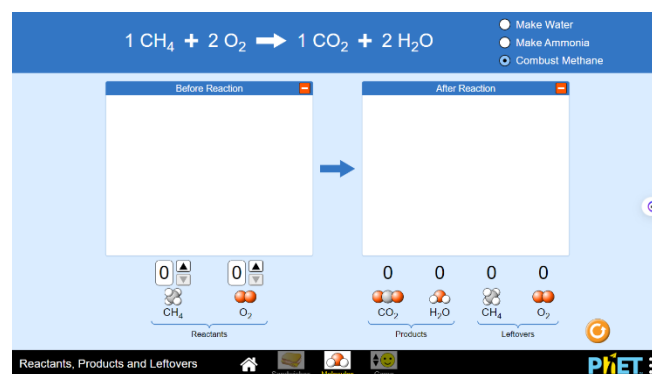


Gambar 3. Tampilan halaman opsi “*molecules*”

Untuk materi hukum kekekalan massa digunakan opsi “*make water*” yang tampilannya ditunjukkan pada Gambar 4, dan untuk materi hukum perbandingan volume, digunakan opsi “*combust methane*” seperti yang ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 4. Tampilan halaman simulasi “make water”



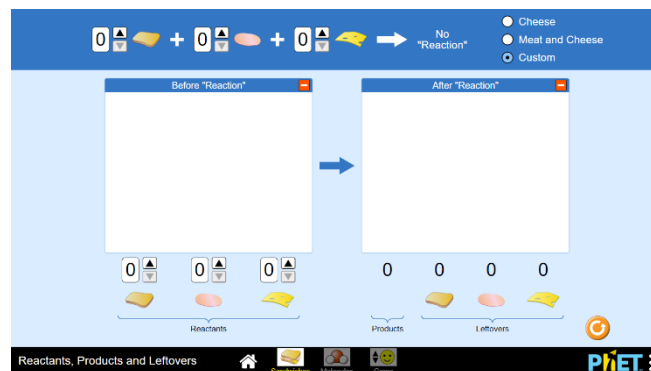
Gambar 5. Tampilan halaman simulasi “combust methane”

Tampilan awal opsi “sandwiches” ditampilkan pada Gambar 6.



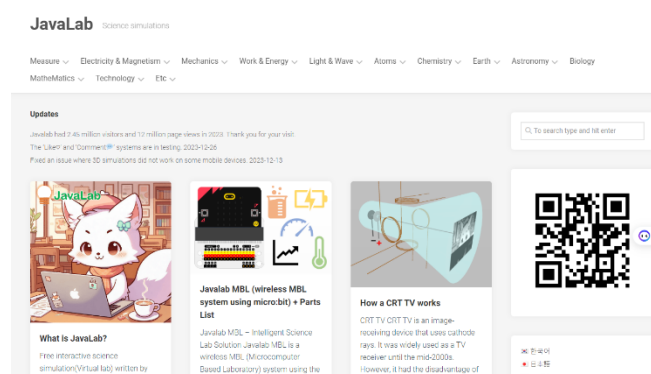
Gambar 6. Tampilan halaman simulasi “sandwiches”

Tampilan simulasi pada menu “sandwich” ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan opsi *custom*

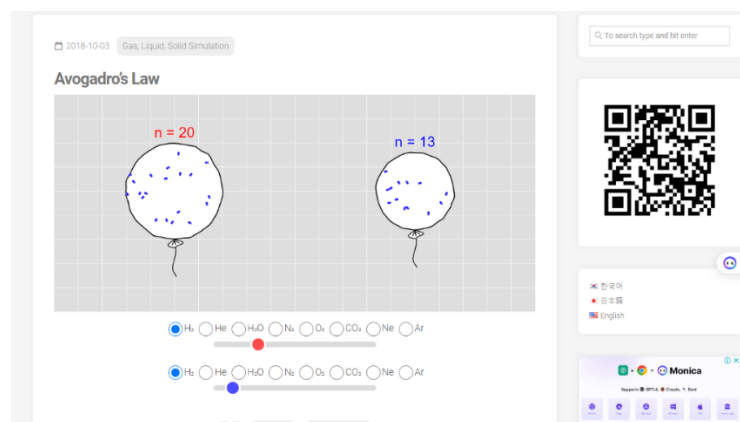
Simulasi molekul berikutnya adalah *Javalab*. *Javalab* merupakan sebuah perangkat lunak pendidikan yang dirancang untuk menyajikan simulasi fenomena fisika yang relevan dengan perkembangan teknologi pendidikan. Tujuannya adalah memberikan pengalaman pembelajaran melalui simulasi dalam berbagai disiplin ilmu, seperti fisika, kimia, astronomi, geologi, matematika, biologi, dan ilmu lainnya, melalui penggunaan laboratorium virtual. Halaman depan *javalab* ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Halaman depan *Javalab*

Javalab didesain khusus untuk melakukan eksperimen fisika lebih ekstensif daripada situs web lainnya. Eksperimen yang disajikan di sini memiliki keterkaitan yang kuat dengan Riset dan Pengembangan (*DR*) karena hasilnya dapat segera dan mudah diperiksa, *website/aplikasi* yang dibuat menggunakan teknologi Realitas Virtual (*VR*) memungkinkan siswa berinteraksi dengan aplikasi itu sendiri dan melakukan eksperimen dalam lingkungan virtual untuk mendapatkan umpan balik instan (Lee, *et.al.*, 2019)

Yang akan digunakan di penelitian ini adalah simulasi yang berjudul “*Avogadro’s Law*” yang tampilannya ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan halaman simulasi “*Avogadro’s Law*”

D. Pembelajaran *Discovery*

Pembelajaran *Discovery* (*Discovery Learning*) yang juga dikenal sebagai pembelajaran konstruktivis, melibatkan model instruksional dan serangkaian strategi yang menekankan keterlibatan langsung siswa dalam proses pembelajaran (Bicknell & Hoffman, 2000).

Esensi dari pembelajaran *discovery* adalah kemampuan siswa untuk menganalisis dan menginterpretasikan informasi dengan tujuan pemahaman konsep, bukan sekadar memberikan jawaban yang benar sebagai hasil hafalan. Dalam konteks ini, peran guru dalam pembelajaran *discovery* adalah membimbing siswa dalam membangun keterampilan dan melakukan penyelidikan terhadap masalah yang dihadapi (Castronova, 2002).

Langkah-langkah Pembelajaran *discovery* menurut Brunner (1961) dan Nadjamuddin dkk. (2022) adalah sebagai berikut:

1. *Passing stimulation* (pemberian rangsangan). Pada tahap ini siswa dihadapkan dengan suatu masalah yang menimbulkan kebingungan melalui kegiatan membaca, mengamati situasi atau gambar, dan lain-lain., sehingga siswa memiliki keinginan untuk menyelidiki sendiri.

2. *Statement/Problem Identification* (identifikasi masalah). Pada tahap ini siswa diminta untuk mengidentifikasi dan mencari informasi terkait permasalahan yang selanjutnya dirumuskan dalam bentuk hipotesis.
3. *Data collection* (pengumpulan data). Pada tahap ini siswa diberi kesempatan mengumpulkan berbagai informasi relevan, mengamati objek, wawancara dengan narasumber, dan lainnya guna menjawab pertanyaan atau membuktikan benar tidaknya hipotesis.
4. *Data Processing* (pengolahan data). Dalam tahap ini dilakukan kegiatan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh, lalu ditafsirkan. guru juga perlu memberikan umpan balik kepada siswa agar mereka mengetahui apakah mereka telah melakukan proses analisis data dengan benar.
5. *Proof (verification)* (pembuktian). Dalam tahap ini siswa melakukan pemeriksaan secara cermat kebenaran atau keabsahan hasil pengolahan data dengan berbagai kegiatan.
6. *Drawing conclusions/generalizations* (menarik kesimpulan). Dengan menunjukkan hasil verifikasi, Siswa dapat menarik sebuah kesimpulan pada suatu permasalahan yang sedang dikaji.

Model pembelajaran *discovery* dengan menggunakan simulasi molekul akan menjadi efektif dikarenakan, pertama, simulasi mendorong pembelajaran bermakna dengan memungkinkan siswa menghubungkan konsep-konsep baru dengan pengetahuan sebelumnya, menciptakan pemahaman yang lebih dalam melalui keterlibatan aktif (Ausubel, 1960; Gonzalez et al., 2017). Kedua, simulasi meningkatkan keterlibatan siswa dengan memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan mendalam, yang telah terbukti membuat siswa lebih terlibat dan termotivasi, meningkatkan fokus dan usaha mereka (Hofstein, 2006). Selanjutnya, pembelajaran berbasis simulasi meningkatkan retensi, karena siswa mampu memanipulasi dan menerapkan pengetahuan dalam konteks yang mendorong memori dan pemahaman jangka panjang, dibandingkan menghafal (Novak, 2010; Jatudid & Judidori, 2019). Hal ini seiring dengan penelitian yang dilakukan oleh Dale (1969) memperkenalkan konsep *cone of learning*, yang mengungkapkan bahwa tingkat retensi ingatan siswa akan semakin meningkat seiring dengan keterlibatan aktif mereka dalam proses pembelajaran. Berdasarkan *cone of*

learning, siswa dapat mengingat hingga 90% materi pembelajaran jika mereka secara langsung terlibat dan mengalami sendiri kegiatan belajarnya (Dale, 1969).



Gambar 10. *The Cone of Learning by Edgar Dale*

(Dale, 1969).

E. Penelitian yang Relevan

Beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian yang relevan terkait pembelajaran kimia berbantuan simulasi molekul untuk meningkatkan pemahaman representasi.

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Sim & Daniel (2014)	<i>Representational competence in chemistry: A comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations.</i>	Menyatakan bahwa untuk mencapai tingkat kompetensi representasional yang tinggi secara umum, peserta didik perlu memiliki pemahaman yang kuat terhadap konsep kimia dasar dan representasi kimia.
2.	Correia et.,al (2018)	<i>The application of PhET simulation to teach gas behavior on the submicroscopic</i>	Sebagian besar siswa sekolah menengah yang berpartisipasi dalam penelitian ini

No.	Peneliti	Judul	Hasil
		<i>level: secondary school students' perceptions</i>	menganggap Program ini sebagai cara yang efektif dan efisien dalam mempelajari konsep perilaku gas. Sebagian besar siswa mendapatkan pengalaman belajar yang positif dan tidak membuang-buang waktu.
3.	Sunyono & Meristin	<i>The Effect of Multiple Representation-Based Learning (MRL) to Increase Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts</i>	Model <i>Multiple Representation-Based Learning</i> lebih unggul untuk pembelajaran konsep ikatan kimia, khususnya untuk siswa dengan kemampuan awal rendah dan sedang. Model ini membantu siswa memahami representasi makro, submikro, dan simbolik secara lebih mendalam, meningkatkan keterlibatan aktif, dan memperkuat kemampuan pemecahan masalah.
4.	Tania & Saputra (2021)	<i>The Use of Molecular Simulation-Assisted Discovery Learning in Improving Science Process Skills</i>	Penggunaan simulasi molekul Workbench dalam <i>Discovery Learning</i> terbukti efektif untuk meningkatkan penguasaan keterampilan sains, khususnya dalam memahami faktor-faktor yang berkontribusi pada perubahan arah kesetimbangan kimia.
5.	Salame & Makki (2021)	<i>Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and</i>	Penggunaan simulasi interaktif <i>PhET</i> memberikan dampak

No.	Peneliti	Judul	Hasil
		<i>Learning in General Chemistry II</i>	positif secara menyeluruh terhadap sikap dan persepsi siswa terhadap pembelajaran, terutama dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak secara konseptual.

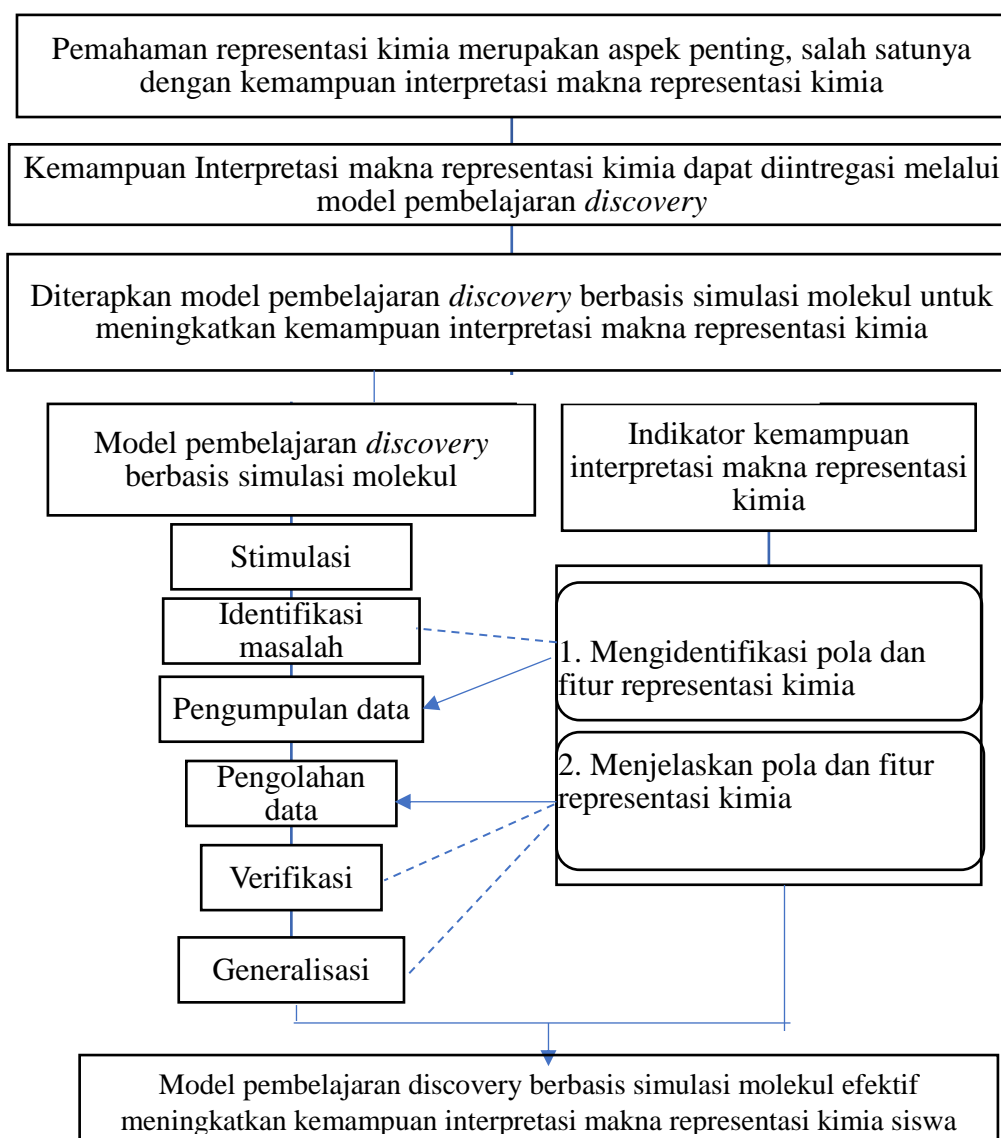
F. Kerangka Berpikir

Dalam konteks pembelajaran kimia, mengingat sifatnya yang abstrak dan kompleks, pemahaman representasi kimia adalah aspek penting dalam pembelajaran kimia. Kozma dan Russel (2005) menekankan pentingnya kemampuan interpretasi makna dari representasi kimia, yang dapat ditingkatkan melalui penggunaan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul seperti *Javalab* dan *PhET*. Model pembelajaran ini mengajak siswa untuk aktif menyelidiki dan menemukan konsep-konsep sendiri, khususnya dalam memahami materi hukum dasar kimia, yang dianggap sulit dan abstrak.

Langkah-langkah pembelajaran *discovery*, seperti stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan generalisasi, diterapkan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam menginterpretasikan representasi kimia. Melalui simulasi molekul, siswa dapat mengamati perubahan kimia pada level makroskopik dan submikroskopik, serta memahami simbol-simbol yang terlibat dalam reaksi.

Proses pengumpulan data menjadi fokus dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna terhadap representasi kimia siswa. Pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul dilatihkan pada langkah pengumpulan data dengan mendampingi siswa untuk menggunakan *website PhET* dan *javalab* dalam mempelajari hukum dasar kimia. Pada bagian stimulasi siswa akan diberikan wacana dan gambar tentang fenomena yang terkait dengan materi hukum dasar kimia. Kemudian siswa pada tahapan identifikasi masalah diminta menuliskan masalah yang muncul dalam bentuk pertanyaan. Kemudian di tahap selanjutnya

siswa akan diminta untuk mengumpulkan data (*data collecting*) dari simulasi molekul yang sudah dilakukan, dan untuk melatih kemampuan interpretasi makna representasi siswa, siswa akan menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan data yang sudah didapatkan dari simulasi molekul yang sudah dilakukan di tahap sebelumnya. Pada tahap *data collecting* dan *data processing* inilah siswa dilatihkan keterampilan untuk menjelaskan pola fitur representasi. Setelah melalui proses data processing selanjutnya siswa akan masuk ke tahap verifikasi yaitu memeriksa apakah hipotesis yang mereka ajukan sebelumnya sesuai dengan hasil diskusi yang sudah dilakukan dan juga membandingkan jawaban dengan kelompok lain. Pada tahap akhir atau penarikan kesimpulan, siswa diminta untuk memberikan kesimpulan terkait hukum dasar kimia yang sudah dipelajari sebelumnya. Melalui simulasi, siswa dapat mengidentifikasi dan menjelaskan pola fitur representasi. Diharapkan pada akhir pembelajaran, siswa mampu membuat kesimpulan yang mengintegrasikan pemahaman mereka terhadap level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik pada materi hukum dasar kimia. Bagan kerangka berfikir ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Bagan kerangka berfikir

G. Anggapan Dasar

Anggapan dasar dalam penelitian ini mencakup poin-poin berikut:

1. Peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia di kelas kontrol dan eksperimen dianggap disebabkan oleh perbedaan perlakuan yang diterapkan dalam proses pembelajaran pada masing-masing kelas.
2. Faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen dianggap tidak signifikan dan diabaikan dalam penelitian ini.

H. Hipotesis

Berdasarkan pertanyaan yang telah diajukan dalam rumusan masalah sebelumnya, hipotesis penelitian ini adalah, penerapan model pembelajaran *Discovery* berbasis simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam menginterpretasikan makna representasi kimia, khususnya pada materi Hukum Dasar Kimia.

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMAN 1 Katibung kabupaten Lampung Selatan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMAN 1 Katibung kabupaten Lampung Selatan tahun pelajaran 2023/2024 yang terbagi dalam 7 kelas dengan jumlah siswa 238 orang. Pemilihan sampel yang dilakukan menggunakan teknik *cluster random sampling*, dengan mengundi 7 kelas. Setelah diundi dari ketujuh kelas tersebut, nama kelas yang keluar pertama pada saat itu kelas X Merdeka 2 dan nama kelas yang keluar kedua yaitu kelas X Merdeka 3 sehingga didapatkan sampel penelitian kelas X Merdeka 2 sebagai kelas eksperimen dan kelas X Merdeka 3 sebagai kelas kontrol dengan jumlah siswa pada masing-masing kelas adalah 31 orang.

B. Model dan Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental*) dengan menggunakan desain penelitian *Pre-Test and Post-Test Control Group Design* (Creswell & Creswell, 2018).

Adapun langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Desain penelitian *Pre-Test and Post-Test Control Group Design*

Kelas Penelitian	Pretes	Perlakuan	Postes
Kelas eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kelas kontrol	O ₁	C	O ₂

Keterangan :

X : Perlakuan berupa pembelajaran menggunakan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul

C : Pembelajaran menggunakan model pembelajaran *discovery*

O₁ : Pretes yang diberikan pada kedua kelas penelitian

O₂ : Postes yang diberikan pada kedua kelas penelitian

C. Variabel Penelitian

Penelitian ini melibatkan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dari penelitian ini mencakup; penerapan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul pada kelas eksperimen dan penerapan model pembelajaran *discovery* pada kelas kontrol. Sebagai variabel terikat yaitu kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa kelas X Merdeka 2 dan X Merdeka 3 SMA Negeri 1 Katibung Kabupaten Lampung Selatan pada tahun pelajaran 2024/2025.

D. Perangkat Pembelajaran

Adapun perangkat pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya: Modul Ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan kisi-kisi soal pretes dan postes.

E. Instrumen Pengumpulan Data

Adapun instrumen pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Tes berupa soal pretes dan postes pada materi hukum dasar kimia untuk mengukur kemampuan interpretasi makna representasi kimia. Terdiri dari 3 butir soal pilihan jamak dua tingkat (*Two-tier multiple choices*) yang diadaptasi dari Treagust (1986).
2. Nontes berupa lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul yang diadaptasi dari Devi (2023).

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Tahap Pendahuluan

- a. Studi literatur

- b. Melakukan wawancara untuk mendapatkan informasi terkait jumlah keseluruhan kelas X, data siswa, karakteristik siswa, metode yang digunakan guru untuk mengajar, jadwal pelajaran, serta sarana dan prasarana yang terdapat di sekolah dalam mendukung pelaksanaan penelitian.
- c. Menentukan populasi dan sampel penelitian

2. Tahap Pelaksanaan Penelitian

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

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan persiapan dan pembuatan alat serta instrumen pembelajaran yang akan digunakan, mencakup penyusunan Modul Ajar sesuai, kisi-kisi soal pretes-postes, soal pretes-postes, rubrik penilaian soal pretes-postes, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), serta lembar observasi pelaksanaan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul. Selain itu, dilakukan penyediaan media pembelajaran berbantuan simulasi molekul melalui penggunaan *website javalab* dan *PhET*.

b. Tahap Penelitian

Dalam tahap eksekusinya, penelitian dilaksanakan di dua kelas yang berbeda, yakni kelas eksperimen dan kelas kontrol. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1). Evaluasi awal dilakukan dengan memberikan pretes untuk mengukur kemampuan awal interpretasi makna representasi kimia siswa di kedua kelas.
- 2). Materi hukum dasar kimia diajarkan melalui kegiatan belajar mengajar sesuai dengan dua model pembelajaran yang telah ditetapkan. Model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul diterapkan di kelas eksperimen, sementara kelas kontrol menerapkan pembelajaran *discovery* tanpa bantuan simulasi molekul.
- 3). Dilakukan pengamatan dan penilaian terhadap pelaksanaan model pembelajaran *discovery* di kedua kelas.
- 4). Setelah proses pembelajaran, diberikan postes di kedua kelas untuk menilai kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa dan mengevaluasi

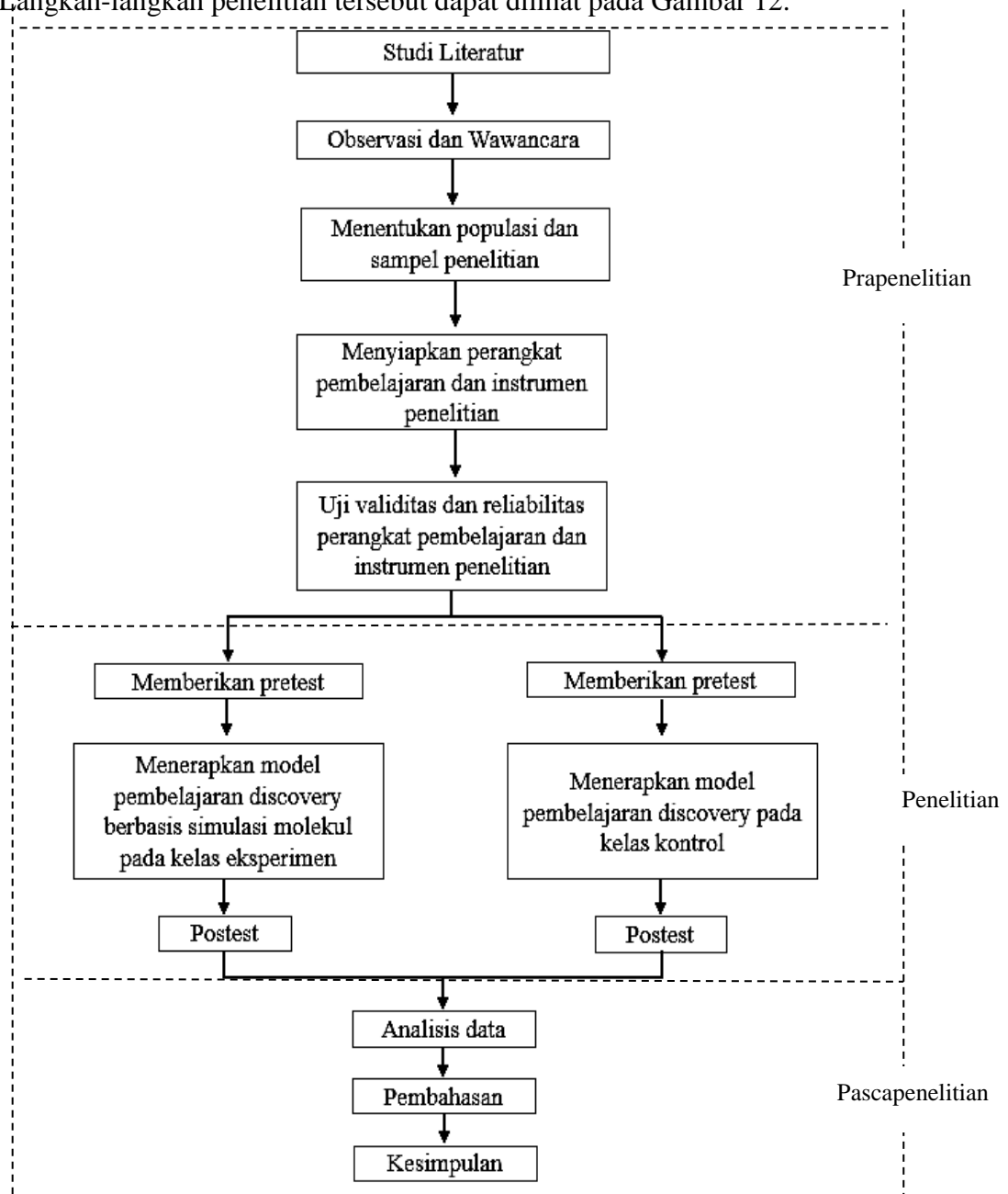
efektivitas model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dalam meningkatkan kemampuan tersebut.

3. Tahap Akhir Penelitian

Prosedur tahap akhir penelitian yaitu sebagai berikut :

- 1) Analisis data
- 2) Pembahasan
- 3) Kesimpulan

Langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Prosedur pelaksanaan penelitian

G. Analisis Data

Setelah data selesai dikumpulkan melalui proses pengumpulan data, langkah berikutnya adalah pengolahan data. Tujuan dari pengolahan data adalah untuk menyederhanakan data sehingga seluruh informasi yang terkumpul dapat diorganisir dengan baik dan dapat dijalani proses analisis. Proses analisis data dalam penelitian ini mencakup beberapa tahap, diantaranya :

1. Analisis Validitas dan Reliabilitas

a. Validitas Perangkat Pembelajaran

Validitas adalah indikator yang mencerminkan sejauh mana instrumen tes dapat dianggap akurat dan dapat diandalkan (Arikunto, 2009). Analisis kevalidan tes bertujuan untuk menilai kualitas instrumen tes yang diterapkan dalam suatu penelitian. Instrumen dianggap valid apabila mampu mengukur dengan akurat sesuatu yang diinginkan untuk diukur.

Perangkat pembelajaran pada penelitian ini menggunakan pengujian validitas isi, yang dilakukan melalui proses *judgment*. Untuk melakukan *judgment* ini, diperlukan keahlian dan ketelitian dari penilai, sehingga melibatkan ahli untuk melaksanakannya. Dalam konteks ini, dosen pembimbing bertindak sebagai ahli yang memvalidasi.

b. Validitas Instrumen Tes

Validasi instrumen tes pada penelitian ini dilakukan melalui proses validasi empiris yang di uji menggunakan rumus *product moment* pada *SPSS 27.0* dengan angka korelasi yang dikemukakan Pearson. Dengan diujikan pada siswa yang sudah pernah mendapatkan materi hukum dasar kimia. Instrumen dinyatakan valid jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikansi 0,05 atau 5%. Instrumen akan langsung diuji cobakan kepada siswa yang sudah pernah mempelajari materi hukum dasar kimia, yaitu kelas XI.

c. Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas pada penelitian ini dilakukan dengan analisis melalui aplikasi SPSS 27.0 menggunakan rumus Alpha Cronbach. Dalam pengukuran reliabilitas yang menggunakan konsistensi internal, koefisien reliabilitas r_{11} sering kali disamakan dengan nilai Cronbach's alpha. Pendekatan ini umum diterapkan dalam penelitian di bidang pendidikan dan ilmu sosial untuk menilai reliabilitas instrumen seperti skala, tes, atau survei" (Nunnally, 1978; Hair et al., 2010; Field, 2013) Instrumen dikatakan reliabel jika nilai $\alpha \geq r_{tabel}$. Kemudian disesuaikan dengan kriteria derajat reliabilitas menurut Guilford (1956) yakni sebagai berikut.

$0,80 < \alpha \leq 1,00$ derajat reliabilitas sangat tinggi

$0,60 < \alpha \leq 0,80$ derajat reliabilitas tinggi

$0,40 < \alpha \leq 0,60$ derajat reliabilitas sedang

$0,20 < \alpha \leq 0,40$ derajat reliabilitas rendah

$0,00 < \alpha \leq 0,20$ tidak reliabel

d. Analisis Tingkat Kesukaran, Daya Pembeda, dan Fungsi Distraktor

1. Tingkat Kesukaran Butir Soal

Tingkat kesukaran butir soal dihitung dengan rumus berikut.

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

(Fatimah & Alfath, 2019)

Keterangan:

TK = Tingkat Kesukaran

N_p = Jumlah skor yang diperoleh siswa pada suatu butir soal.

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

Tingkat kesukaran butir soal dikategorikan sesuai dengan kriteria pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Tingkat Kesukaran Butir Soal

Nilai P	Interpretasi
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

(Lehmann & Mehrens, 1977)

2. Daya Pembeda

Butir soal dapat dikatakan efektif dalam membedakan peserta didik yang memahami materi dengan yang belum, jika nilai daya pembeda semakin tinggi.

Untuk menghitung daya beda butir soal, menggunakan rumus berikut.

$$D = P_A - P_B$$

$$P_A = \frac{B_A}{J_A}$$

$$P_B = \frac{B_B}{J_B}$$

Keterangan :

P_A = Proporsi kelompok atas yang menjawab benar

J_A = Banyaknya subjek kelompok atas

B_A = Banyaknya subjek kelompok atas yang menjawab benar

P_B = Proporsi kelompok bawah yang menjawab benar

J_B = Banyaknya subjek kelompok bawah

B_B = Banyaknya subjek kelompok bawah yang menjawab benar

Kriteria Daya Pembeda ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Daya Pembeda (DP)

Daya Pembeda (DP)	Interpretasi
DP < 0,0 (bertanda negatif)	Buruk Sekali
DP < 0,20	Buruk
$0,20 \leq DP < 0,40$	Cukup
$0,40 \leq DP < 0,70$	Baik
DP $\geq 0,70$	Baik Sekali

(Erfan et al.,2020 dan Susanto et al.,2015)

3. Fungsi Distraktor

Distraktor adalah jawaban yang salah yang berfungsi untuk mengecoh siswa dalam soal pilihan jamak. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah distraktor yang digunakan berhasil menarik perhatian siswa. Distraktor dikatakan efektif jika minimal 5% siswa memilih jawaban tersebut. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung persentase pemilih untuk setiap opsi jawaban.

$$\%Distraktor = \frac{\text{jumlah siswa yang menjawab pengecoh}}{\text{jumlah peserta didik}} \times 100\%$$

2. Analisis Data Kemampuan Interpretasi Makna Representasi Kimia Siswa

Kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa diukur berdasarkan tes esai yang diberikan kepada siswa. Data yang didapatkan selanjutnya dianalisis dengan cara :

a. Perhitungan nilai siswa

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai siswa adalah sebagai berikut :

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

Data yang didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan *n-gain* yang selanjutnya akan digunakan pengujian hipotesis.

Untuk menghitung nilai rata-rata siswa pada kedua kelas penelitian, dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$\text{Nilai rata-rata siswa} = \frac{\text{Total nilai siswa keseluruhan}}{\text{Jumlah siswa}}$$

Berikutnya nilai rata-rata siswa per indikatornya juga dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Nilai rata-rata siswa per indikator} = \frac{\text{Total nilai siswa keseluruhan untuk 1 indikator}}{\text{Jumlah siswa}}$$

b. Perhitungan *n-gain*

Peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa ditunjukkan oleh nilai *n-gain* yang diperoleh dari nilai pretes dan postes. Dari Hake (1998) rumus yang digunakan untuk menghitung *n-gain* yaitu sebagai berikut:

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

Setelah mendapatkan nilai *n-gain* dari setiap siswa, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-ratanya untuk setiap kelas. Perhitungan *n-gain* rata-rata siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan rata-rata *n-gain* kemudian diuraikan dengan menggunakan kriteria yang diperkenalkan oleh Hake (1998).

Pengklasifikasian *n-gain* menurut Hake (1988) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi *n-gain* menurut Hake (1988)

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

Analisis ini dilakukan setelah perlakuan, sebelum dilakukan uji perbedaan dua rata-rata, dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas.

1) Uji normalitas

Pengujian normalitas ini dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 27.0 *for windows*. Data dikatakan memenuhi asumsi normalitas jika pada *Kolmogorov-Smirnov* nilai $\text{sig.} > 0,05$. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : data penelitian berdistribusi normal

H_1 : data penelitian berdistribusi tidak normal

2) Uji Homogenitas

Uji homogenitas menginvestigasi apakah kedua kelompok sampel memiliki tingkat variasi yang seragam (populasi dengan varians yang homogen) atau sebaliknya.

Uji homogenitas dilakukan menggunakan SPSS versi 27.0. Rumusan hipotesis pada uji ini adalah sebagai berikut:

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

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

Keterangan:

σ_1^2 : varians skor kelas eksperimen

σ_2^2 : varians skor kelas kontrol

Kriteria uji yang digunakan ialah terima H_0 jika $\text{sig.} > 0,05$ dan terima H_1 jika $\text{sig.} < 0,05$.

d. Uji Perbedaan dua rata-rata

Setelah menjalani uji normalitas dan homogenitas terhadap nilai pretes siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol, langkah selanjutnya adalah menjalankan uji perbedaan dua rata-rata untuk nilai pretes siswa di kedua kelas.

Uji perbedaan dua rata-rata digunakan untuk mengevaluasi tingkat efektivitas perlakuan pada sampel, dengan membandingkan nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa yang diterapkan melalui model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi molekul dan model pembelajaran *discovery*. Jika data memiliki distribusi normal dan varians homogen, uji untuk menentukan perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan *Independent Sample T-test*. Namun, jika data tidak berdistribusi normal tetapi memiliki varians homogen, maka uji yang digunakan untuk hal yang sama adalah *Mann-Whitney U*. Hipotesis yang dirumuskan untuk uji ini adalah:

$H_0 : \mu A_{1x} = A_{2x}$: Tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen dengan nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi hukum dasar kimia

$H_1 : \mu A_{1x} \neq A_{2x}$: Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen dengan nilai rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol pada materi hukum dasar kimia.

Keterangan :

μA_{1x} : Rata-rata nilai *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas eksperimen

μA_{2x} : Rata-rata nilai *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa di kelas kontrol

x : kemampuan interpretasi makna representasi kimia

Kriteria uji: terima H_0 jika nilai sig (*2-tailed*) > 0,05 dan terima H_1 jika nilai sig (*2-tailed*) < 0,05 (Sudjana, 2005).

e. Uji ukuran pengaruh (*effect size*)

Uji ukuran pengaruh dilakukan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran dengan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi dinamika molekul terhadap kemampuan translasi antarlevel representasi kimia siswa. Analisis ini dilakukan dengan menghitung *effect size* menggunakan rumus *Cohen's d* dengan persamaan di bawah ini.

$$d = \frac{m_A - m_B}{SD_{Pooled}}$$

Keterangan:

d = effect size

m_A, m_B = rata-rata nilai masing-masing kelompok (kelas)

SD_{Pooled} = standar deviasi gabungan

(Cohen, 1988)

Standar deviasi gabungan terdiri dari akar kuadrat rata-rata untuk dua standar deviasi dan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$SD_{Pooled} = \sqrt{\left[\frac{(SD_1^2 + SD_2^2)}{2} \right]}$$

Keterangan :

SD_1 = Standar deviasi kelompok 1

SD_2 = Standar deviasi kelompok 2

Menurut interpretasi dari Cohen (1988) nilai d dapat diinterpretasikan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Interpretasi nilai Cohen's d

Nilai Cohen's d	Interpretasi
$d < 0,2$	Efek sangat kecil
$0,2 \leq d < 0,5$	Efek kecil
$0,5 \leq d < 0,8$	Efek sedang
$d \geq 0,8$	Efek besar

3. Analisis Data Keterlaksanaan Model Pembelajaran *Discovery*

Analisis data keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* melalui tahapan-tahapan berikut:

- 1) Menjumlahkan skor yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek observasi, lalu menghitung persentase pencapaian menggunakan 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 yang diberikan oleh observer pada pertemuan ke-i

N : Skor maksimal (skor ideal)

2) Menginterpretasikan data dengan memberikan penafsiran nilai persentase

kemampuan guru berdasarkan kriteria 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).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul efektif dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada materi hukum dasar kimia hal ini dapat ditunjukkan dengan beberapa hal berikut. Pertama, rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas eksperimen berkategori tinggi dan berbeda secara signifikan dengan rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas kontrol yang berkategori sedang, dan persentase keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul berkategori tinggi.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis adalah sebagai berikut.

1. Sebelum melaksanakan penelitian akan lebih baik jika peneliti lebih memperhatikan manajemen waktu yang digunakan untuk menerapkan pembelajaran *discovery* berbasis simulasi molekul agar lebih efisien dan pembelajaran akan berjalan lebih maksimal lagi
2. Untuk guru kimia di sekolah agar dapat menerapkan pembelajaran dengan menggunakan model *discovery* berbasis simulasi molekul di sekolah karena model pembelajaran ini dapat meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. A., & Conway, T. L. (2014). Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, 1965–1966.
- Ardac, D. and 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. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267-272.
- Bicknell-Holmes, T. & Hoffman, P. S. (2000). Elicit, engage, experience, explore: Pembelajaran discovery in library instruction. *Reference Services Review*. 28(4), 313-322
- Bruner, J.S. (1971). *The Act of Discovery. Studying Teaching*. Prentice Hall.
- Castronova, J. A. (2002). Pembelajaran *discovery* For The 21st Century: What is it and how does it Compare To Traditional Learning In Effectiveness In The 21st Century?. *Action Research Exchange*, 1(1), 1–12
- Chang, Raymond. (2003). *Kimia Dasar Jilid 1*. Jakarta : Erlangga
- Chen, S. C., Hsiao, M. S., & She, H. C. (2015). The effects of static versus dynamic 3D representations on 10th grade students' atomic orbital mental model construction: Evidence from eye movement behaviors. *Computers in Human Behavior*, 53, 169–180.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Correia, A. P., Koehler, N., Thompson, A., & Phye, G. (2018). The application of *PhET* simulation to teach gas behavior on the submicroscopic level: secondary school students' perceptions. *Research in Science and Technological Education*, 37(2), 193–217.

- Creswell, J. W. (2003). *A Framework for Design, in Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Third Edition*. London: Sage Publications.
- 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>
- Gil, VMS. & Paiva, JCM. (2006). Computer Simulations of Salt Solubility. *Journal of Chemical Educations*, 83(1), 173. ACS Publications.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In *Visualization: Theory and practice in science education*. 233-282. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gilbert, JK. & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them. *Multiple representations in chemical education, Models and Modeling in Science Education*, 4. Springer Science+Business Media B.V.
- Gonzalez, M. A., McGivern, K. A., & Ramirez, R. (2017). Enhancing meaningful learning with interactive simulations. *Journal of Educational Research*, 110(5), 545-552.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hamid, A. (2018). Creative-Critical Thinking Stimulation of Pre Service Teachers by Socratic Questions and Chemical Representation. *1st International Conference on Creativity, Innovation, Technology in Education*, 274.
- Hoffmann, B. R., & Laszlo, P. (1991). Representation In Chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30(1), 1-112.
- Hofstein, A. (2006). The laboratory in science education: The state of the art. *Studies in Science Education*, 42(1), 1-44.
- Jahjough, Y. M. A. (2014). The effectiveness of blended e-learning forum in planning for science instruction. *Journal of Turkish Science Education*, 11(4), 3–16.
- Jatudid, G. A., & Judidori, R. A. (2019). Exploring the impact of simulation-based learning on student retention. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1964-1972.
- Johnstone, A. (1991). Why is chemistry difficult to learn? things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(1), 75–83.

- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry: Logical or psychological?. *Chemical Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9–15.
- Johnstone, A. H. (2000). the Practice of Chemistry Education (Invited Contribution*). *Chemistry Education: Research And Practice in Europe Educ. Res. Pract. Eur*, 1(1), 9-15.
- Khan, S. and Chan, V., (2011). An exploration of digital representations in chemistry education. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 7(2), 2-37.
- 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.
- Lee, H., Kim, Y. and Park, C.J., (2019). Development of quest-based mobile STEAM content for scientific experiments in middle schools. *The Journal of the Korea Contents Association*, 19(2), 88-98.
- Lehmann, I. J., & Mehrens, W. A. (1991). *Measurement and evaluation in education and psychology* (4th ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Lynn, MR. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing research*, 35(6), 382-386.
- Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S., & Klopfer, E.(2005). *Article How Effective Are Simulated Molecular-level Experiments for Teaching Diffusion and Osmosis?* (4), 235–248.
- Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Kreikemeier, P. and Schank, P.,(2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In *Visualization: Theory and practice in science education*. 233-282. Dordrecht: Springer Netherlands.
- 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.
- Nadjamuddin, L., Amus, S., Jamaludin, J., Usman, S. (2022). Development of Hybrid Pembelajaran *discovery* (HDL) Model for Integrated Social Studies Learning. *Techium Social Sciences Journal*, 28, 253-262.

- Novak, J. D. (2010). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations* (2nd ed.). Routledge.
- Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68(1), 35–59.
- Salame, I.I. and Makki, J., (2021). Examining the use of PhET simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), 2247.
- Saputra, A., Tania, L., & Sari, M. (2020). The Use of Molecular Simulation-Assisted discovery learning in Improving Science Process Skills. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 10(3), 534–540.
- Shehab, S. S., & BouJaoude, S. (2017). Analysis of the Chemical Representations in Secondary Lebanese Chemistry Textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 797–816.
- 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.
- Stieff, M. & Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry—Incorporating Interactive 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.
- Sunyono. (2012). *Buku Model Pembelajaran Berbasis Multiple Representasi (Model SiMaYang)*. Aura Printing And Publishing: Bandarlampung.
- Sunyono. (2013). Validitas Model Pembelajaran Kimia Berbasis Multipel Representasi Untuk Meningkatkan Model Mental Siswa Pada Topik Struktur Atom. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699
- Tasker, R. & Dalton, R. (2006). Research Into Practice: Visualization of The Molecular World Using Animations. *Chemistry Education Research and Practice*. 7, 141-159.

- Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Zain, A. N. M., Ong, E. T. E. T., Karpudewan, M., & Halim, L. (2011). Evaluation of an intervention instructional program to facilitate understanding of basic particle concepts among students enrolled in several levels of study. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 251–261.
- 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.
- Tural, G. and Tarakçı, D. (2017). Effects of physical models and simulations to understand daily life applications of electromagnetic induction. *Research in Science & Technological Education*, 35(3), 292-307.
- Waltz, C.W., & Bausell, R. B. (1981). *Nursing Research : Design, Statistics, and Computer Analysis*. Philadelphia : F.A. Davis.