

**EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN
VISUALISASI 3D PADA MATERI TEORI VSEPR DAN DOMAIN
ELEKTRON UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

(Skripsi)

Oleh

**NURUL MAGHFIROH
NPM 2013023051**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

**EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN
VISUALISASI 3D PADA MATERI TEORI VSEPR DAN DOMAIN
ELEKTRON UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

Oleh

NURUL MAGHFIROH

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
2025**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN VISUALISASI 3D PADA MATERI TEORI VSEPR DAN DOMAIN ELEKTRON UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI

Oleh

NURUL MAGHFIROH

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan desain penelitian *the matching only pretest-posttest kontrol group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik di kelas XI SMA Negeri 2 Metro tahun ajaran 2024/2025. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga diperoleh kelas XI 2 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI 5 sebagai kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diterapkan model pembelajaran *discovery* berbantuan visualisasi 3D, sedangkan kelas kontrol diterapkan model pembelajaran *discovery* tanpa menggunakan visualisasi 3D.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* siswa pada kelas eksperimen sebesar 0,70 yang berkategori tinggi. Hasil uji-t menunjukkan perbedaan yang signifikan antara rata-rata *n-gain* kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Kata kunci : *discovery learning*; visualisasi 3D; teori VSEPR dan domain elektron; keterampilan berpikir tingkat tinggi

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF DISCOVERY LEARNING SUPPORTED BY 3D VISUALIZATION FOR VSEPR THEORY AND ELECTRON DOMAIN TO IMPROVE HIGHER ORDER THINKING SKILLS

By

NURUL MAGHFIROH

This study aims to describe the effectiveness of discovery learning based on 3D visualization for VSEPR theory and electron domain in improving higher order thinking skills. The method used in this study is a quasi-experimental method with a The Matching Only Pretest-Posttest Kontrol Group Design. The population of this study consisted of all 11th-grade students at SMA Negeri 2 Metro in the 2024/2025 academic year. The research sample was selected using a purposive sampling technique, resulting in class XI-2 as the experimental group and class XI-5 as the kontrol group. The experimental class was taught using discovery learning based on 3D visualization, while the kontrol class was taught using discovery learning without 3D visualization.

The results showed that the average *n-gain* score of students in the experimental class was 0.70, categorized as high. Independent sample t-test indicated a significant difference in the average *n-gain* score between the experimental and kontrol classes. Based on these, it can be concluded that discovery learning based on 3D visualization is effective in improving students' higher order thinking skills on the topic of VSEPR theory and electron domain.

Keywords: discovery learning; 3D visualization; VSEPR theory and electron domain; higher order thinking skills

Judul Skripsi

: **EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN VISUALISASI 3D PADA MATERI TEORI VSEPR DAN DOMAIN ELEKTRON UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

Nama Mahasiswa

: **Nurul Maghfiroh**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2013023051

Program Studi

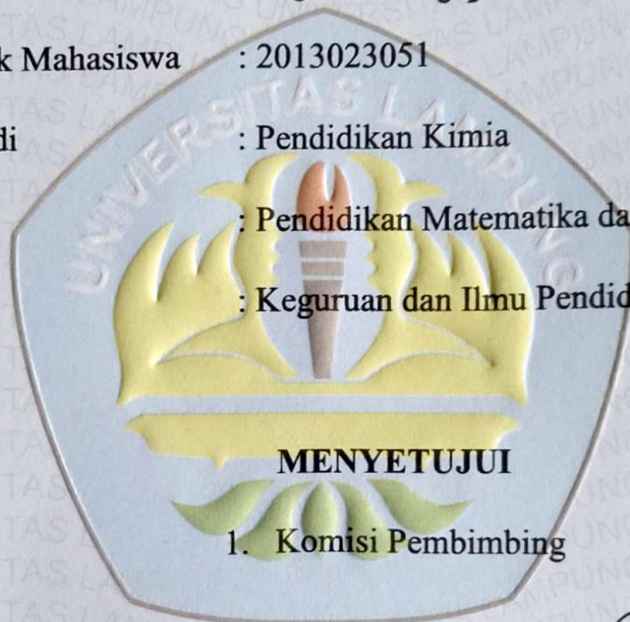
: Pendidikan Kimia

Jurusan

: Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Dr. M. Setyarini, M.Si.
NIP 19670511 199103 2 001

Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd.
NIP 19921121 201903 2 019

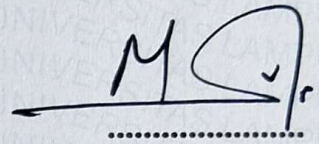
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

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

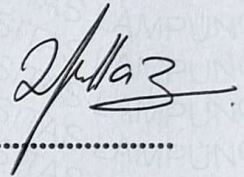
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

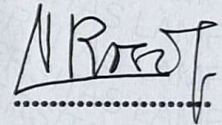
Ketua : **Dr. M. Setyarini, M.Si.**



Sekretaris : **Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dra. Ila Rosilawati, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **19 Juni 2025**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurul Maghfiroh
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023051
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA
Judul Skripsi : Efektivitas Model *Discovey Learning* Berbantuan Visualisasi 3D pada Materi Teori VSEPR dan Domain Elektron untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

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

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

Bandarlampung, 19 Juni 2025



Nurul Maghfiroh
NPM 2013023051

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Nurul Maghfiroh. Lahir di Tanjung Tirta pada tanggal 16 Oktober 2002, merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari bapak Samuri dan Ibu Yayuk Wahyuni. Penulis mengawali pendidikan formal di TK Aisyah tahun 2007 dan lulus pada tahun 2008, kemudian pada tahun 2008 melanjutkan pendidikan di MIM 1 Way Bungur dan lulus pada tahun 2014, selanjutnya pada tahun 2014 melanjutkan di MTs Muhammadiyah 1 Way Bungur dan lulus tahun 2017. Pada tahun 2017 melanjutkan sekolah di MAN 1 Metro dan lulus pada tahun 2020.

Tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan MIPA, FKIP Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam organisasi internal kampus yaitu Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (Fosmaki) sebagai anggota bidang pendidikan. Pada tahun 2023 penulis mengikuti program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SMA Negeri 1 Blambangan Umpu dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan.

MOTTO

“Lebih baik kamu mengalahkan sedang kamu dikenang sebagai orang yang adil,
daripada memilih menang dalam keadaan dikenang sebagai orang yang zalim.” –

Ali bin Abi Thalib

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

Orang tuaku Bapak Samuri, Ibu Siti Maryamul Kiftiyah, dan Ibu Yayuk Wahyuni, serta kakakku Desi Nurwahidah, Aris Mardianto dan Yulis Mardiana, serta adikku Muhammad Zulkarnain, Aqila Pranaja Rosyiqul Affan dan Tri Mardianti, serta seluruh sanak saudara dan sahabatku yang telah memberi dukungan dan doa agar senantiasa diberikan segala kemudahan dalam menyelesaikan segala urusan dalam meraih cita-citaku.

Para pendidikku, yang telah mengajarkan banyak hal.

Almamaterku,
Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Model *Discovery Learning* Berbantuan Visualisasi 3D pada Materi Teori VSEPR dan Domain Elektron untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Albet Maydiantoro, MPd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia sekaligus pembimbing I atas kesediaannya dan kesabarannya dalam memberikan kritik dan saran serta memberikan bimbingan dan arahan dalam proses penyelesaian skripsi;
4. Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd., selaku pembimbing II atas kesediaannya dalam memberikan kritik dan saran serta memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi;
5. Dra. Ila Rosilawati, M.Si., selaku pembahas yang telah memberikan masukan, saran, dan kritik untuk perbaikan dalam penyusunan skripsi;
6. Bapak/Ibu dosen Program studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA;
7. Bapak Ali Kurniawan, S.H.I., M.Pd., selaku kepala SMA Negeri 2 Metro;
8. Ibu Siti Munawaroh, S.Pd., selaku guru mitra;
9. Bapak, ibu, kakak dan adik saya, terimakasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan;

10. Partner saya Choirul Anwar, terimakasih atas bantuan, dukungan, dan semangat yang telah diberikan dari awal perkuliahan sampai tahap akhir perkuliahan;
11. Sahabat saya Lintang, Nissa, Occa, dan Dwi, terimakasih untuk setiap bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
12. Sahabat saya Rina, Ara, Cinta, Tari, dan Maya, terimakasih untuk setiap warna, dukungan, dan semangat yang telah diberikan;
13. Qorina Nurazizah atas bantuannya menjadi teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi;
14. Teman-teman Pendidikan Kimia Angkatan 2020, khususnya kelas A terimakasih atas bantuan, kasih sayang, canda tawa yang diberikan selama perkuliahan;
15. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Bandarlampung, 19 Juni 2025

Penulis,

Nurul Maghfiroh
NPM 2013023051

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Model <i>Discovery learning</i>	7
B. Visualisasi 3D	9
C. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi	11
D. Penelitian Relevan	13
E. Kerangka Pemikiran.....	14
F. Anggapan Dasar	15
G. Hipotesis	15
III. METODE PENELITIAN	16
A. Populasi dan Sampel Penelitian	16
B. Metode dan Desain Penelitian	16
C. Variabel Penelitian	17
D. Jenis dan Sumber Data	17
E. Perangkat Pembelajaran	18
F. Instrumen Penelitian.....	18

G. Prosedur Penelitian.....	18
H. Analisis Data	21
I. Pengujian Hipotesis.....	24
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	27
A. Hasil Penelitian.....	27
B. Pembahasan	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
A. Kesimpulan.....	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	49
1. Modul Ajar Pembelajaran	58
2. Lembar Kerja Peserta Didik.....	69
3. Lembar Soal HOTS.....	85
4. Kisi-Kisi Soal Pretes dan Postes	87
5. Rubrik Penilaian Jawaban Siswa	88
6. Hasil Postes Kelas Kontrol	92
7. Hasil Pretes Kelas Kontrol	94
8. Hasil Postes Kelas Eksperimen.....	96
9. Hasil Pretes Kelas Eksperimen	98
10. <i>N-gain</i> kelas Kontrol	100
11. <i>N-gain</i> kelas Eksperimen	101
12. Uji Normalitas.....	102
13. Uji Homogenitas	102
14. <i>Independent Sample T-Test</i>	102
15. Data Aktivitas Pembelajaran.....	104
16. Data Keterlaksanaan Pembelajaran.....	110
17. Dokumentasi Penelitian	116

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian relevan	13
2. <i>The matching only pretest-posttest kontrol group design</i>	16
3. Kriteria <i>n-gain</i>	21
4. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan	21
5. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan <i>discovery learning</i>	22
6. Hasil uji normalitas pretes keterampilan berpikir tingkat tinggi	28
7. Hasil uji homogenitas pretes keterampilan berpikir tingkat tinggi	29
8. Hasil uji <i>independent sample t-Test</i>	29
9. Hasil uji normalitas terhadap <i>n-gain</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi	32
10. Hasil uji homogenitas terhadap <i>n-gain</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi .	32
11. Hasil uji perbedaan dua rata-rata <i>n-gain</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Prosedur penelitian..	20
2. Rata-rata nilai pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi.....	27
3. Nilai rata-rata keterampilan berpikir tingkat tinggi tiap indikator	30
4. Rata-rata <i>n-gain</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik	31
5. Rata-rata <i>n-gain</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik	
6. Persentase setiap aktivitas peserta didik	32
7. Persentase setiap aktivitas peserta didik	32
8. Persentase aktivitas peserta didik.....	34
9. Persentase keterlaksanaan model <i>discovery learning</i>	34
10. Wacana LKPD 1	37
11. Wacana LKPD 2	38
12. Contoh jawaban LKPD 1 tahapan identifikasi masalah.....	38
13. Contoh jawaban LKPD 2 tahapan identifikasi masalah.....	39
14. Contoh jawaban peserta didik pengumpulan data LKPD 1	40
15. Contoh jawaban peserta didik pengumpulan data LKPD 2	41
16. Contoh jawaban peserta didik pengolahan data LKPD 1.....	43
17. Contoh jawaban peserta didik pengolahan data LKPD 2.....	44
18. Contoh kesimpulan peserta didik	45

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan abad ke-21 dihadapkan pada tantangan dimana pendidikan harus mampu menghasilkan sumber daya manusia yang memiliki kemampuan utuh dalam menghadapi tantangan kehidupan (Tasrif, 2022). Keterampilan abad 21 dibedakan menjadi empat atau kita kenal dengan istilah 4C (*Critical Thinking and Problem Solving, Creative Thinking and Innovation, Collaboration, Communication*) (Dwijayanti, 2021). Keterampilan-keterampilan ini dapat ditumbuh dan dikembangkan secara efektif jika dilalui melalui jalur pendidikan (Rendhana, 2019). Pendidikan menjadi sektor yang dapat menjadi jalan untuk seorang memiliki keterampilan awal saat sebelum memasuki dunia pekerjaan.

Tantangan dalam kehidupan sehari-hari semakin kompleks menjadi problem yang sedang dihadapi saat ini. Hal ini sangat memerlukan adanya keterampilan berpikir yang lebih kritis, kreatif dan inovatif. Pendidikan dapat menjadi sarana pengembangan keterampilan manusia, dengan tantangan yang sedang dihadapi saat ini, keterampilan berpikir manusia harus sedikit lebih tinggi dibandingkan sebelumnya (Halpern, 1998). Dalam konteks pendidikan, salah satu keterampilan yang dapat menunjang tingkat berpikir manusia dikenal dengan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). HOTS dapat menjadi salah satu keterampilan yang bermanfaat sebagai jawaban ketika dihadapkan pada suatu masalah yang membutuhkan kemampuan analisis dan evaluasi (Zohar and Dori, 2003). Keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam Taksonomi Bloom yang telah direvisi melibatkan analisis (C4), mengevaluasi (C5), dan

menciptakan (C6) (Pratini *and* Retna, 2018). Hasil pembelajaran di Indonesia saat ini menunjukkan bahwa HOTS peserta didik tergolong rendah, hal ini dikuatkan oleh hasil *Program for International Assessment* (PISA) dan *Trends in International Student Mathematics and Science Study* (TIMSS) bahwa Indonesia menduduki Peringkat ke 74 dari 79 negara pada kemampuan membaca dan peringkat ke 73 dan 71 dari ke 79 negara untuk keterampilan matematika dan sains (Fitriani, 2019; Sujadi dkk., 2021). Hal ini tentunya menjadi problematika dalam peningkatan mutu pembelajaran di Indonesia.

Dalam penerapan pembelajaran di sekolah, ilmu kimia tergolong salah satu mata pelajaran yang kompleks dan abstrak. Pada pembelajaran kimia, peserta didik dituntut untuk memahami konsep-konsep yang tidak dapat diamati langsung dan memerlukan pemikiran abstrak yang tinggi (Johnstone, 1991). Salah satu pendekatan yang efektif untuk mendukung pemahaman ini adalah melalui penggunaan visualisasi. Visualisasi dalam pembelajaran kimia, seperti model 2D, model 3D, diagram molekul, dan simulasi komputer, membantu peserta didik untuk menggambarkan dan memahami struktur serta reaksi kimia yang kompleks secara lebih konkret (Gilbert, 2005; Wu *et al.*, 2001).

Penggunaan visualisasi dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) memiliki peranan penting dalam mendukung pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep kimia. Visualisasi 2D, seperti diagram dan grafik, sering digunakan untuk memperkenalkan konsep dasar dan memberikan representasi sederhana dari molekul dan reaksi kimia (Habraken, 1996). Namun, visualisasi 2D memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan struktur spasial dan interaksi molekul yang lebih kompleks (Wu *and* Shah, 2004). Sebaliknya, visualisasi 3D menawarkan keunggulan dalam memberikan representasi yang lebih realistis dari struktur molekul dan interaksi antar atom, yang membantu peserta didik untuk lebih memahami bentuk dan orientasi molekul dalam ruang tiga dimensi (Bucat *and* Mocerino, 2009). Studi menunjukkan bahwa penggunaan model 3D dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap geometri molekul dan membantu mereka mengembangkan keterampilan visualisasi spasial yang diperlukan untuk memecahkan masalah kimia (Stieff,

2007). Selain itu, visualisasi 3D juga mendukung peningkatan keterampilan peserta didik karena memungkinkan peserta didik untuk menganalisis dan mengevaluasi model-model kimia dengan cara yang lebih mendalam dan terperinci (Suharti *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan di SMA Negeri 2 Metro dengan salah satu guru mata pelajaran kimia, pembelajaran kimia salah satunya pada materi teori VSEPR dan domain elektron masih menggunakan model yang konvensional dimana ketika memberikan pembelajaran, guru juga cenderung menggunakan buku cetak dari sekolah dan memberikan penjelasan ke peserta didik. Hal ini menyebabkan peserta didik menjadi kurang aktif dan cenderung pasif dalam pembelajaran, sehingga keterampilan berpikir tingkat tinggi masih cukup rendah.

Hal ini mendorong penggunaan pembelajaran berbantuan visualisasi 3D. Pembelajaran berbantuan visualisasi 3D sangat penting dalam meningkatkan kemampuan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik, khususnya dalam memahami materi teori *Valence Shell Electron Pair Repulsion* (VSEPR) dan domain elektron (Zhang *et al.*, 2019). Dengan visualisasi 3D, peserta didik dapat lebih mudah memanipulasi dan memahami geometri molekul secara dinamis, sehingga membantu mereka dalam menganalisis dan mensintesis informasi yang kompleks (Bivall *et al.*, 2011; Parker *et al.*, 2018). Tanpa pemahaman visual yang kuat, peserta didik mungkin mengalami kesulitan dalam memprediksi bentuk molekul dan memahami interaksi antar atom (Wu and Shah, 2004). Oleh karena itu, penggunaan software seperti *software Avogadro*, yang memungkinkan pembuatan dan visualisasi model molekul dalam 3D, menjadi sangat penting. *Software Avogadro* memberikan peserta didik kesempatan untuk melihat, memanipulasi, dan menganalisis struktur molekul dengan cara yang interaktif dan mendalam (Hanwell *et al.*, 2012).

Penggunaan model pembelajaran yang membantu peserta didik dalam memahami suatu pemodelan membutuhkan peran guru dalam memfasilitasi peserta didik dalam pembelajaran. Sesuai dengan hal ini, model pembelajaran

yang dianggap tepat adalah model pembelajaran yang bersifat konstruktivisme. Pembelajaran konstruktivis menekankan pembelajaran aktif yang melibatkan strategi kognitif, metakognitif, afektif dan dimana peserta didik mengkonstruksikan pengetahuan (Anthony, 1996; Ari, 1998). Salah satu contoh pembelajaran konstruktivis kognitif adalah *discovery learning* (Jong and Joolingen, 1998) yang bertujuan untuk membantu peserta didik dalam memperoleh sikap, keterampilan dan pengetahuan ilmiah dalam memecahkan masalah (Yilmaz *et al.*, 2020).

Penerapan pembelajaran berbantuan visualisasi 3D menggunakan model *discovery learning* pada materi VSEPR dan teori domain elektron pada kurikulum merdeka kelas XI (FASE F). Tahapan model *discovery learning* yaitu stimulasi, pernyataan masalah, pengumpulan data, pemrosesan data, verifikasi dan generalisasi (Kemendikbud, 2017). Pada pembelajaran ini HOTS akan dilatihkan pada tahap pengumpulan data, pengolahan data untuk mencapai indikator keterampilan C4 (menganalisis) dan C5 (mengevaluasi). Pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul dapat memudahkan peserta didik dalam memahami bentuk molekul dan menumbuhkan semangat belajar peserta didik (Sintiani, 2020). Pembelajaran *discovery* menghasilkan perbedaan nilai rata rata pemahaman konsep dan sikap ilmiah peserta didik yang signifikan (Widiadiana, 2014).

Dengan ini penggunaan pembelajaran dengan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada peserta didik kelas XI. Maka, telah dilakukan penelitian dengan judul “Efektivitas model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana efektivitas model *discovery learning* berbantuan

visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan efektivitas model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian efektivitas model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Peserta didik

Peserta didik mendapatkan pengalaman menggunakan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron.

2. Guru

Guru mendapatkan tambahan referensi model pembelajaran untuk memudahkan dalam memvisualisasikan bentuk molekul 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan HOTS.

3. Sekolah

Dapat memberikan suatu informasi mengenai model pembelajaran yang diharapkan dapat membantu sistem pembelajaran di kelas, agar peserta didik lebih mudah memahami materi pembelajaran.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *Discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dikatakan efektif apabila perbedaan rata-rata *n-gain* yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan rata-rata *n-gain* kelas eksperimen setidaknya berada pada kategori sedang dan lebih tinggi daripada *n-gain* kelas kontrol.
2. Model *discovery learning* terdiri dari sintaks atau tahapan, yaitu stimulasi, pernyataan masalah, pengumpulan data, pemrosesan data, verifikasi dan generalisasi (Kemendikbud, 2017).
3. Instrumen pengukuran keterampilan berpikir tingkat tinggi menggunakan instrumen tes merujuk dari Anderson dan Krathwohl (2001), indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dilatihkan yaitu menganalisis (C4) dan mengevaluasi (C5).
4. Visualisasi 3D dalam pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* Avogadro yang dapat di akses melalui link <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/>.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model *Discovery Learning*

Menurut Bruner, *discovery learning* dapat diartikan sebagai pembelajaran yang berlangsung ketika peserta didik tidak disajikan materi dalam bentuk akhir, melainkan peserta didiklah yang mengonstruksikannya sendiri (Akpan and Kennedy, 2020; Budiningsih, 2005). Hosnan mengungkapkan bahwa *discovery learning* adalah suatu model untuk mengembangkan cara belajar aktif dengan menemukan sendiri, menyelidiki sendiri sehingga hasil yang diperoleh akan setia dan tahan lama dalam ingatan. Model ini mempunyai skenario memecahkan masalah yang disajikan, dengan cara membimbing peserta didik untuk dapat menemukan sesuatu melalui proses-proses pembelajaran yang dilakukannya. Peserta didik dibiasakan untuk menjadi seseorang saintis yang tidak hanya sebagai pemakai atau pengguna, melainkan juga dapat berperan aktif sebagai pelaku dari terciptanya ilmu pengetahuan.

Model *discovery learning* berfokus pada peserta didik, dengan ciri utama peserta didik mengalami proses mengaitkan antara pengetahuan yang sudah ia miliki sebelumnya, dengan pengetahuan baru yang sedang ia pelajari dengan mencari informasi dari berbagai sumber sehingga ditemukan solusi pemecahan masalah (Akpan and Kennedy, 2020; Hosnan, 2014), hal ini sejalan dengan hasil penelitian Nugrahaeni (2017) bahwa penggunaan model *discovery learning* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penerapan model *discovery learning* memposisikan guru sebagai pembimbing untuk mengarahkan peserta didik agar aktif dalam proses pembelajaran, serta membimbing kegiatan pembelajaran agar sesuai dengan tujuan. Kondisi inilah

yang telah mengubah kegiatan pembelajaran yang biasanya *teacher oriented* menjadi *student oriented* (Sardiman, 2005), dimana guru memberikan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) kepada peserta didik, dan peserta didik diminta memperoleh sesuatu yang baru menggunakan kemampuannya sendiri dengan mendapat bimbingan dari guru (Jana and Fahmawati, 2020). Oleh karena itu, model *discovery learning* dapat meningkatkan domain kognitif serta keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran (Baharuddin and Wahyuni, 2007).

Terdapat dua jenis pembelajaran penemuan atau *discovery learning*, yaitu pembelajaran penemuan bebas (*free discovery learning*) ialah pembelajaran penemuan tanpa memperoleh arahan ataupun petunjuk, dan pembelajaran penemuan terbimbing (*guided discovery learning*) ialah pembelajaran yang membutuhkan guru dalam proses pembelajaran sebagai fasilitator (Suprihatiningrum, 2014). Model *discovery learning* dapat disajikan dalam dua bentuk, yaitu, sistem satu arah, penyajian satu arah sesuai dengan petunjuk guru, peserta didik dirangsang melakukan proses *discovery* di depan kelas, dengan cara guru memberikan suatu masalah, kemudian peserta didik memecahkan masalah tersebut dengan langkah-langkah *discovery* dan sistem dua arah, pada sistem ini, peserta didik dilibatkan dalam penjawab pertanyaan-pertanyaan guru. Peserta didik melakukan *discovery*, dan guru yang membimbing mereka ke arah yang tepat (Oemar, 2009).

Ada enam tahapan model *discovery learning* (Kemendikbud, 2017).

1) *Stimulation*

Guru memberikan stimulan, untuk diamati peserta didik agar mendapat pengalaman belajar mengamati pengetahuan konseptual melalui kegiatan membaca, mengamati situasi atau melihat gambar.

2) *Problem Statement*

Kegiatan peserta didik dalam menemukan permasalahan apa saja yang dihadapi, sehingga pada kegiatan ini peserta didik diberikan pengalaman untuk menanya, mencari informasi, dan merumuskan masalah.

3) *Data Collecting*

Mencari dan mengumpulkan data/informasi yang dapat digunakan untuk menemukan solusi pemecahan masalah yang dihadapi. Kegiatan ini juga akan melatih ketelitian, akurasi, dan kejujuran, serta membiasakan peserta didik untuk mencari atau merumuskan berbagai alternatif pemecahan masalah, jika satu alternatif mengalami kegagalan.

4) *Data Processing*

Peserta didik mencoba dan mengeksplorasi kemampuan pengetahuan konseptualnya untuk diaplikasikan pada kehidupan nyata, sehingga kegiatan ini juga akan melatih keterampilan berfikir logis dan aplikatif.

5) *Verification*

Peserta didik mengecek kebenaran atau keabsahan hasil pengolahan data melalui berbagai kegiatan atau mencari sumber yang relevan baik dari buku atau media, serta mengasosiasikannya sehingga menjadi suatu kesimpulan.

6) *Generalization*

Peserta didik digiring untuk menggeneralisasikan hasil kesimpulannya pada suatu kejadian atau permasalahan yang serupa, sehingga kegiatan ini juga dapat melatih pengetahuan metakognisi peserta didik.

B. Visualisasi 3D

Visualisasi 3D adalah metode untuk merepresentasikan hasil model dengan cara yang lebih cepat dan fleksibel, menggunakan perangkat lunak yang tersedia secara gratis dan komersial. Pembelajaran visualisasi 3D pada aplikasi multimedia meningkatkan minat peserta didik dan menjadikan materi lebih menarik, sedangkan visual statis seperti ilustrasi 3D menurunkan beban kognitif (Korakakis *et al.*, 2009). Visualisasi 3D dalam *e-learning* menawarkan materi yang sesuai berdasarkan gaya belajar peserta didik dan masukan pengetahuan, menghemat waktu dan meningkatkan efektivitas proses pembelajaran (Valcheva *et al.*, 2010).

Ilmu kimia merupakan ilmu yang membahas materi dan perubahannya di alam. Kimia juga dikenal dengan sifat keabstrakan konsepnya (Maghfiroh dan

Kusumawati, 2021). Pada materi VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*) melibatkan bentuk molekul tiga dimensi (3D) sehingga peserta didik diajak untuk berfikir tingkat tinggi dalam membayangkan bentuk dari tiap molekul (Qodri, 2023).

Pemodelan berbantuan 3D, visualisasi, dan *prototyping* akan memudahkan seseorang dalam memodelkan dan mendesain sebuah produk (Sadiku *et al.*, 2018). Pembelajaran virtual merupakan generasi baru dari jenis-jenis pembelajaran menggunakan komputer. Paket virtual mewakili aplikasi komprehensif dari pemodelan komputer, teknologi simulasi, dan analisis. Seiring perkembangan teknologi, banyak penelitian dilakukan dengan memanfaatkan model visualisasi 3D dalam perangkat lunak untuk memberikan representasi dunia nyata. Visualisasi 3D memungkinkan orang untuk melihat hal-hal yang tidak mungkin dilihat di dunia nyata, dan mengamati hal-hal yang tidak mungkin dilakukan di dunia nyata (Wu *et al.*, 2010). Teknologi visualisasi memiliki sifat intrinsik dan mengaktifkan alat kognitif yang membantu peserta didik untuk belajar dan bahkan membangun konten dengan apa yang mereka pelajari atau pahami pada konten mata pelajaran mereka (Sural, 2018).

Visualisasi 3D dalam pendidikan kimia membantu peserta didik dalam memahami struktur molekul dan mekanisme reaksi kimia pada tingkat molekuler (Abdinejad *et al.*, 2020). Pembelajaran berbantuan visualisasi menjadi sumber yang sangat baik untuk guru dalam membantu peserta didik memahami konsep dengan mudah (Raja *et al.*, 2018). Penggunaan pembelajaran berbantuan visualisasi 3D mampu meningkatkan perspektif psikologis kognitif peserta didik untuk meningkatkan kemampuan menganalisis suatu pembelajaran kimia seperti dalam menganalisis suatu bentuk molekul (Hurrahman *et al.*, 2022).

Untuk membantu memvisualisasikan bentuk molekul 3D dapat digunakan perangkat lunak seperti *software* Avogadro. *Software* Avogadro adalah perangkat lunak yang berbasis windows, linux, dan Mac OS. *software* Avogadro merupakan perangkat lunak dengan sistem open source. *Open source* berarti bebas diakses dan tidak berbayar (Maahury *et al.* 2023; Hanwell *et al.* 2012). Penggunaan perangkat lunak ini dapat membantu memudahkan

pengguna dalam melakukan visualisasi dan perhitungan komputasi di dalam kimia komputasi.

C. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

Keterampilan berpikir merupakan hal penting dalam keberhasilan belajar. Peserta didik merupakan salah satu sumber daya manusia yang produktif, sehingga kualitas pemikirannya harus ditingkatkan agar mampu bersaing dalam perkembangan zaman ini. Keterampilan berpikir yang harus dimiliki peserta didik salah satunya adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi (Amalia *and* Heni, 2020).

Higher Order Thinking Skill (HOTS) atau disebut juga dengan keterampilan berfikir tingkat tinggi adalah keterampilan yang menuntut pemikiran secara kritis, kreatif, analitis, terhadap informasi dan data dalam memecahkan permasalahan (Barratt, 2014; Pratini *and* Retna, 2018). Berpikir tingkat tinggi merupakan berpikir yang melatih kemampuan kognitif peserta didik pada tingkatan yang lebih tinggi, yaitu peserta didik mampu menggabungkan fakta dan ide dalam proses menganalisis, mengevaluasi sampai pada tahap membuat berupa memberikan penilaian terhadap suatu fakta yang dipelajari atau bisa mencipta dari sesuatu yang telah dipelajari secara kreatif (Annuuru *et al.* 2017).

Keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah proses berpikir kompleks dimana peserta didik mampu menguraikan materi, membuat kesimpulan, membangun representasi, menganalisis, dan membangun hubungan dengan melibatkan aktivitas mental yang paling dasar. Proses berpikir terdapat tingkatan dari rendah sampai tinggi. Hal ini dijabarkan dalam Taksonomi Bloom (Resnick, 1987; Amalia *and* Heni, 2020).

Berbicara mengenai tahapan berpikir, maka taksonomi Bloom yang direvisi oleh Anderson dan Krathwohl dianggap sebagai dasar bagi berpikir tingkat tinggi. Berlandaskan pada taksonomi Bloom (revisi) tersebut, maka terdapat urutan tingkatan berpikir (kognitif) dari tingkat rendah ke tingkat tinggi. Tiga

aspek dalam ranah kognitif yang menjadi bagian dari keterampilan berpikir tingkat tinggi atau *higher order thinking* yaitu aspek menganalisa (C4), aspek mengevaluasi (C5), dan aspek mencipta (C6). Tiga aspek lain dalam ranah yang sama, yaitu aspek mengingat (C1), aspek memahami (C2), dan aspek menerapkan (C3) masuk dalam tahapan intelektual berpikir tingkat rendah atau *lower order thinking* (Sani, 2015; Puspaningtyas, 2019).

Indikator HOTS dalam taksonomi Bloom (revisi) dijelaskan sebagai berikut sebagai berikut:

a. Menganalisis

Menganalisis melibatkan proses memecah materi menjadi bagian-bagian kecil dan menentukan bagaimana hubungan antar bagian-bagian dan struktur keseluruhannya. Kategori proses menganalisis ini meliputi proses kognitif membedakan, mengorganisasi, dan mengatribusikan.

b. Mengevaluasi

Mengevaluasi didefinisikan sebagai membuat keputusan berdasar kriteria dan standar. Kriteria-kriteria yang sering digunakan adalah kualitas, efektivitas, efisiensi, dan konsistensi. Masing-masing dari kriteria tersebut ditentukan oleh peserta didik. Standar yang digunakan bisa bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Kategori mengevaluasi mencakup proses kognitif memeriksa (keputusan yang diambil berdasarkan kriteria internal) dan mengkritik (keputusan yang diambil berdasarkan kriteria eksternal).

c. Mencipta

Mencipta melibatkan proses menyusun elemen-elemen menjadi sebuah keseluruhan yang koheren atau fungsional. Tujuan yang diklasifikasikan dalam proses mencipta menuntut peserta didik membuat produk baru dengan mereorganisasi sejumlah elemen atau bagian menjadi suatu pola atau struktur yang tidak pernah ada sebelumnya. Proses kognitif yang terlibat dalam mencipta pada umumnya sejalan dengan pengalaman belajar yang telah dimiliki sebelumnya. Proses kognitif tersebut yaitu merumuskan, merencanakan, dan memproduksi (Anderson and Krathwohl, 2001).

D. Penelitian Relevan

Penelitian relevan pada penelitian ini ditunjuk pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian relevan

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Fatemah dkk., 2020	<i>Interactive 3D Visualization of Chemical Structure Diagrams Embedded in Text to Aid Spatial Learning Process of Students</i>	Pemodelan molekular dengan origami adalah metode yang sederhana, mudah diakses, dan murah dibandingkan dengan metode lainnya seperti simulasi komputer dan kit pemodelan komersial yang canggih. Dengan pendekatan praktis ini, peserta didik dapat memprediksi bentuk molekul dan memahami dasarnya sesuai teori VSEPR.
2.	Hia dkk., 2022	Pengaruh media pembelajaran berbasis 3D dan animasi molekul dengan kooperatif tipe savi terhadap hasil belajar kimia peserta didik SMA kelas X pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit	Berdasarkan hasil analisis dari respon peserta didik terhadap media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul yang dilakukan dengan bantuan angket skala guttman, diperoleh bahwa presentase skor nilai dari angket respon peserta didik terhadap media tersebut adalah sebesar 92,42%. Maka disimpulkan media tersebut dikatakan sangat layak untuk diaplikasikan dalam proses pembelajaran.
3.	Sutrisno dkk., 2014	Efektivitas Pembelajaran Bentuk Molekul Dengan Pemodelan Real Berbasis Penemuan Terbimbing Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta didik	Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran bentuk molekul dengan pemodelan real ditunjang media PhET berbasis model penemuan terbimbing efektif untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.
4.	Kusuma dkk., 2021	Penggunaan <i>Discovery learning</i> dalam Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Tingkat Tinggi	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan model <i>Discovery learning</i> dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik dan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik secara signifikan.

Tabel 1. (Lanjutan)

5.	Tewa dkk., 2023	Efektivitas Penerapan Model <i>Discovery learning</i> dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA pada Materi Pokok Ikatan Kimia	Pembelajaran model <i>discovery learning</i> pada materi ikatan kimia efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.
----	--------------------	---	---

E. Kerangka Pemikiran

Dalam pembelajaran materi bentuk molekul, digunakan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D. Model pembelajaran *discovery* menuntut peran aktif siswa dalam menyelidiki dan menemukan sendiri bagaimana solusi dari permasalahan yang disajikan, sehingga siswa dapat memperoleh sendiri pengetahuannya. Pembelajaran *discovery* berbantuan visualisasi 3D dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Sintaks model *discovery learning*, terdiri dari stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan penarikan kesimpulan. Keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik dapat ditingkatkan pada tahapan pengumpulan data, dan pengolahan data.

Pada tahap pertama, yaitu stimulasi, peserta didik diberikan permasalahan berupa wacana yang berkaitan dengan bentuk-bentuk molekul dari beberapa senyawa. Peserta didik kemudian diarahkan untuk menyatakan permasalahan yang disajikan dalam wacana pada tahap kedua, yaitu identifikasi masalah. Pada tahap ketiga, yaitu pengumpulan data, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi struktur lewis dari suatu molekul dan menentukan atom pusat dan pasangan elektron yang ada disekitarnya. Peserta didik juga diminta untuk menggunakan *software* Avogadro untuk mengidentifikasi bentuk molekul dari suatu senyawa. Pada tahap ini peserta didik dilatihkan indikator mengidentifikasi materi dari bagian-bagian penyusunnya dan menentukan bagaimana bagian tersebut saling berhubungan satu sama lain. Selanjutnya, pada tahap pengolahan data, peserta didik diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LKPD. Pada tahap ini, peserta didik dilatih membandingkan satu molekul dengan molekul yang lain yang ada pada LKPD. Setelah mengolah data, peserta didik diarahkan untuk lanjut pada tahap verifikasi, di

mana peserta didik menyampaikan dan mendiskusikan hasil pengolahan datanya. Pada tahap penarikan kesimpulan, peserta didik diminta untuk menyimpulkan pengetahuan mereka terkait bentuk molekul dan hal-hal yang mempengaruhi bentuk molekul.

Berdasarkan uraian diatas, penerapan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron diyakini mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

F. Anggapan Dasar

Beberapa anggapan dasar dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peserta didik kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan awal kimia yang hampir sama.
2. Perbedaan peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada materi VSEPR dan domain elektron terjadi karena perbedaan perlakuan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.
3. Faktor lain yang menyebabkan peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi kimia peserta didik pada materi VSEPR dan domain elektron kelas eksperimen dan kelas kontrol diabaikan.

G. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka hipotesis dari penelitian ini adalah model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada materi teori VSEPR dan domain elektron efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) peserta didik.

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMAN 2 Metro tahun ajaran 2024/2025. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI di SMAN 2 Metro yang terdiri dari sembilan kelas. Sampel yang diambil dari populasi dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan karakteristik yang hampir sama. Penetapan sampel pada penelitian ini didasarkan oleh pertimbangan peneliti terhadap kemampuan kimia kelas XI 2 dan XI 5 sebagai sampel. Kemudian didapatkan kelas XI 2 sebagai kelas eksperimen dan XI 5 sebagai kelas kontrol.

B. Metode dan Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan desain penelitian *the matching only pretest-posttest kontrol group design* (Fraenkel *et al.*, 2012). *Matching* pada penelitian ini dilakukan pada subjek penelitian yaitu subjek penelitian tidak ditetapkan secara acak, melainkan dengan mencocokkan subjek antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam penelitian. Desain penelitian disajikan pada Tabel 2.

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

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

Keterangan

M : *Matching*

O : Pretes dan postes yang diberikan pada kedua kelas

X : Model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D

C : Model *discovery learning*

Kedua sampel kelas yang telah dipilih kemudian diberi pretes dan hasilnya dilakukan *matching* secara statistik untuk mengetahui kemampuan awal terhadap peserta didik dari kedua kelas. Kemudian untuk kelas eksperimen diberi perlakuan (X) model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D, sedangkan pada kelas kontrol menggunakan perlakuan (C) model *discovery learning* tanpa visualisasi 3D.

C. Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki tiga variabel, yaitu variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah materi teori VSEPR dan domain elektron. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran yang digunakan, yaitu model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D pada kelas eksperimen dan model pembelajaran Model *discovery learning* tanpa visualisasi 3D pada kelas kontrol. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi kimia peserta didik kelas XI 2 dan XI 5 di SMAN 2 Metro.

D. Jenis dan Sumber Data

Jenis data pada penelitian ini terdiri dari data utama, dan data pendukung. Data utama adalah pretes-postes keterampilan berpikir tingkat tinggi, sedangkan data pendukung adalah aktivitas peserta didik dan keterlaksanaan model *discovery learning*. Sumber data berasal dari seluruh peserta didik dari kelas kontrol dan kelas eksperimen.

E. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul ajar dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang menggunakan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D yang berjumlah 2 LKPD.

F. Instrumen Penelitian

Adapun Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- 1) Soal pretes dan postes yang terdiri dari 3 soal uraian dengan rincian, yaitu, butir soal 1 (a, b, c) dan 3(a, b) memiliki indikator C4 dan pada butir soal 2 memiliki indikator C5. Bertujuan untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik dengan rubrik skor 0-3 tiap penilaian soal disertai kriteria jawaban.
- 2) Lembar observasi aktivitas peserta didik untuk pembelajaran di kelas eksperimen yang terdiri dari aspek yang diamati, yaitu bertanya, menjawab pertanyaan, berpendapat, dan bekerja sama. Lembar observasi ini berupa daftar cek dengan cara memberikan tanda ceklis pada kolom yang sudah disediakan sesuai dengan aktivitas yang dilakukan peserta didik.
- 3) Lembar observasi keterlaksanaan model *discovery learning* yang terdiri dari aspek yang diamati untuk mengukur keterlaksanaan model *discovery learning*. Lembar ini diisi dengan memberikan tanda ceklis pada kolom skala penilaian yang telah disediakan.

Validasi perangkat pembelajaran dan instrumen pada penelitian ini dilakukan dengan *judgement* oleh dosen pembimbing.

G. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tahap Pendahuluan

- a. Meminta izin penelitian ke kepala sekolah SMA Negeri 2 Metro.
- b. Melakukan wawancara dengan guru kimia pada kelas XI terkait pembelajaran kimia yang telah dilakukan untuk memperoleh informasi terkait kurikulum yang digunakan, model pembelajaran yang digunakan,

karakteristik peserta didik, jadwal dan fasilitas pendukung pembelajaran yang disediakan.

- c. Menentukan dua kelas yang akan dijadikan sebagai sampel penelitian.
- d. Mempersiapkan instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran berupa modul ajar dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), instrumen penelitian yang meliputi soal pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi berupa soal *essay*, rubrik penilaian, lembar aktivitas peserta, dan lembar observasi keterlaksanaan model *discovery learning*.

2. Tahap Pelaksanaan

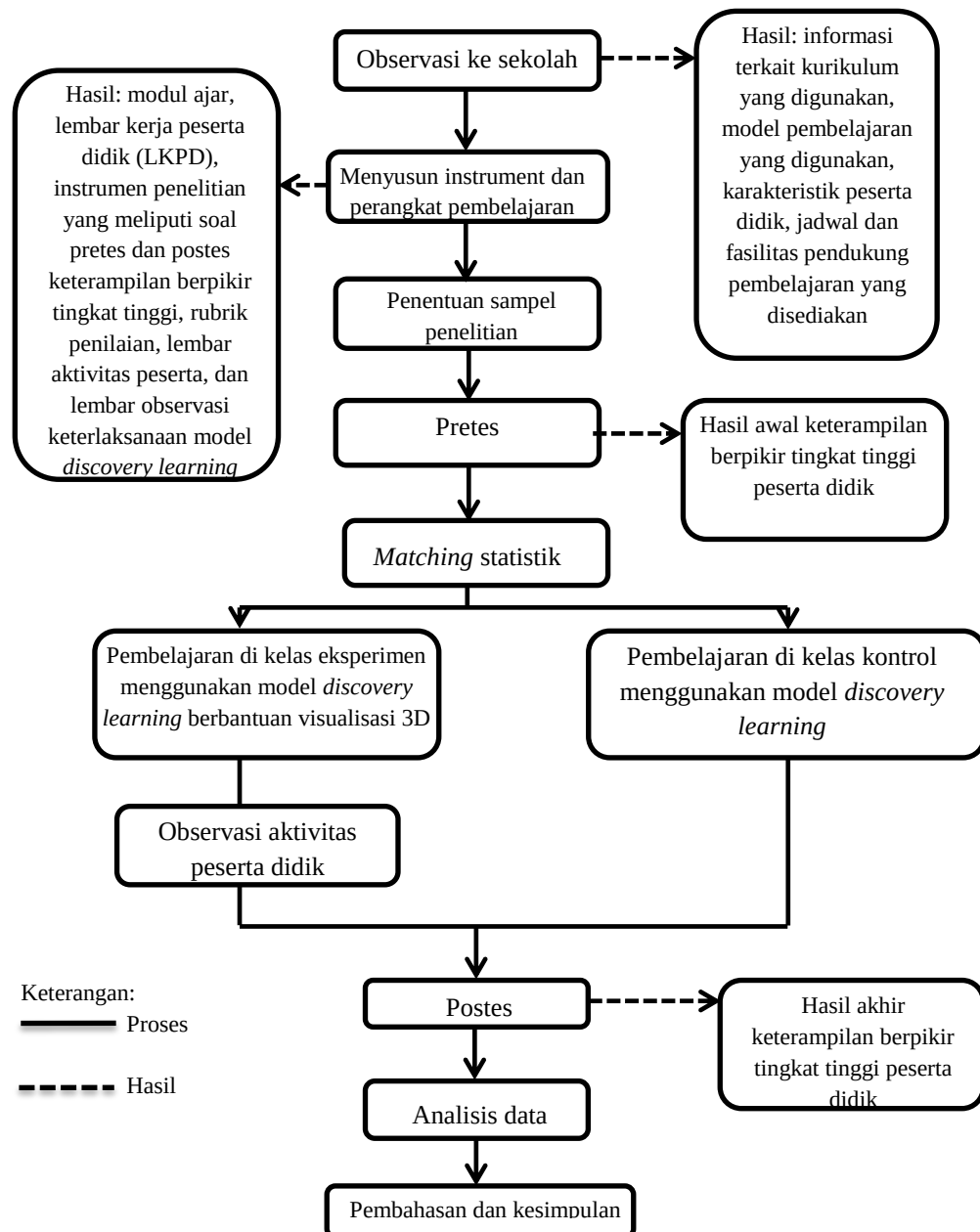
- a. Melakukan pretes kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan soal yang sama untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi.
- b. Melakukan *matching* secara statistik terhadap hasil pretes peserta didik dari kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui kemampuan awal keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.
- c. Melakukan pengenalan dan pelatihan *software* Avogadro kepada peserta didik di kelas eksperimen mulai dari cara pengunduhan sampai cara menggunakan *software* Avogadro.
- d. Melaksanakan kegiatan pembelajaran materi VSEPR dan domain elektron. Pada kelas eksperimen menggunakan model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D dan pada kelas kontrol menggunakan model *discovery learning* tanpa visualisasi 3D. Kegiatan pembelajaran dilakukan sebanyak dua kali pertemuan.
- e. Melakukan observasi selama proses pembelajaran terhadap aktivitas peserta didik di kedua kelas.
- f. Melakukan postes pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan soal yang sama untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi.

3. Tahap Akhir

- a. Melakukan analisis data utama dan data pendukung berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.
- b. Menjelaskan dan memberikan interpretasi analisis data hasil penelitian menjadi pembahasan.

- c. Menyimpulkan hasil penelitian berupa jawaban atas rumusan masalah dari penelitian yang telah dilakukan.

Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

H. Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk memberikan makna atau arti yang digunakan untuk menarik kesimpulan yang berkaitan dengan masalah, tujuan dan hipotesis mengenai HOTS. Pada penelitian ini analisis data yang digunakan adalah data kuantitatif. Dalam penelitian ini analisis data dilakukan terhadap data utama dan data pendukung.

a. Analisis data utama

Kemampuan berpikir tinggi peserta didik ditentukan dari nilai pretes dan postes yang didapat oleh peserta didik. Data nilai hasil pretes-postes peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol kemudian dianalisis dengan cara sebagai berikut.

1) Perhitungan nilai pretes dan postes HOTS peserta didik

Analisis data utama dilakukan terlebih dahulu dengan cara mengubah nilai tes menjadi nilai, sehingga nilai pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Nilai peserta didik} = \frac{\text{jumlah nilai yang diperoleh}}{\text{jumlah nilai maksimal}} \times 100$$

2) Perhitungan rata-rata nilai pretes dan postes HOTS peserta didik

Dari nilai pretes dan postes peserta didik yang telah diperoleh, selanjutnya menghitung nilai rata-rata pretes dan postes dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai rata-rata peserta didik} = \frac{\text{jumlah nilai seluruh peserta didik}}{\text{jumlah peserta didik}}$$

3) Menghitung n-gain

Data nilai pretes dan postes yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung *n-gain*. Peningkatan berpikir tingkat tinggi peserta didik ditunjukkan oleh nilai *n-gain* yang diperoleh peserta didik dalam tes. Adapun rumus *n-gain* (Hake,1998) adalah sebagai berikut:

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

4) Perhitungan rata-rata *n-gain*

Setelah perhitungan *n-gain* dari masing-masing peserta didik, lalu dilakukan perhitungan rata-rata *n-gain* kelas. Rumus nilai rata-rata *n-gain* kelas sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } n\text{-gain} = \frac{\sum n\text{-gain seluruh peserta didik}}{\text{jumlah seluruh peserta didik}}$$

Dari hasil perhitungan rata-rata *n-gain*, kemudian hasil tersebut diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998).

Adapun kriteria pengklasifikasian *n-gain* menurut Hake dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria *n-gain*

Kriteria <i>n-gain</i>	Kategori
$n\text{-gain} \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n\text{-gain} < 0,7$	Sedang
$n\text{-gain} < 0,3$	Rendah

b. Analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini adalah penilaian aktivitas peserta didik. Selain itu dilakukan juga analisis keterlaksanaan pembelajaran terhadap model *discovery learning*.

1) Aktivitas peserta didik

Aktivitas peserta didik yang diamati dalam proses pembelajaran yaitu menjawab pertanyaan, bertanya pada guru, berpendapat, bekerjasama atau berdiskusi dengan kelompok. Analisis terhadap aktivitas peserta didik dilakukan dengan menghitung persentase masing-masing aktivitas untuk setiap pertemuan dengan rumus:

$$\% \text{ aktivitas } i = \frac{\sum \text{peserta didik yang melakukan aktivitas } i}{\sum \text{peserta didik}} \times 100\%$$

Keterangan:

i : aktivitas peserta didik yang diamati dalam pembelajaran

Selanjutnya menafsirkan data dengan tafsiran harga persentase aktivitas peserta didik menurut Sunyono (2012) seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan

Persentase (%)	Kriteria
80,1 - 100	Sangat Tinggi
60,15 - 80	Tinggi
40,1 - 60	Sedang
20,1 - 40	Rendah
0 - 20	Sangat Rendah

2) keterlaksanaan pembelajaran

Adapun langkah-langkah analisis terhadap keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model *discovery learning* sebagai berikut:

- a) Menghitung jumlah nilai yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek pengamatan, lalu dihitung persentase ketercapaian dengan rumus berikut:

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

Keterangan:

% : Persentase ketercapaian dari nilai ideal untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i

$\sum J_i$: Jumlah nilai setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamat pada pertemuan ke-i

N : Nilai maksimal (Sudjana,2005)

- b) Menghitung rata-rata ketercapaian untuk setiap aspek yang diamati
- c) Menafsirkan data keterlaksanaan model *discovery learning* berdasarkan harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran menurut Arikunto (2002) seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan *discovery learning*

Persentase (%)	Kriteria
80,1 - 100	Sangat Tinggi
60,15 - 80	Tinggi
40,1 - 60	Sedang
20,1 - 40	Rendah
0 - 20	Sangat Rendah

I. Pengujian Hipotesis

Dilakukan uji prasyarat terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian hipotesis terhadap data nilai pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pengujian hipotesis yang akan digunakan dengan uji statistik parametrik atau non parametrik.

a. Uji Prasyarat

1) Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang diperoleh dari populasi adalah suatu data yang normal. Jika data yang didapatkan berdistribusi normal maka uji hipotesis dapat dilakukan. Uji normalitas ini dilakukan dengan aplikasi SPSS 30.0.0.0 dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis dari uji normalitas dapat dilihat sebagai berikut.

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Kriteria ujinya yaitu terima H_0 apabila nilai $\text{sig} > 0,05$.

2) Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui bahwa variasi populasi sampel bersifat homogen atau sama. Uji homogenitas ini dilakukan menggunakan aplikasi SPSS 30.0.0.0 dengan uji *Levene-Statistic*.

Hipotesis dari uji homogenitas dapat dilihat sebagai berikut:

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

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

Data dikatakan homogen apabila nilai sig > 0,05

b. Uji Hipotesis

Penelitian ini berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan homogen.

Uji hipotesis dilakukan dengan uji *independent sample t-Test*.

Independent sample t-Test merupakan uji untuk membandingkan data sampel yang dari kelompok yang tidak berpasangan. Terdapat dua uji, yaitu uji kesamaan dua rata-rata dan uji perbedaan dua rata-rata domain elektron pada kelas kontrol.

1) Uji kesamaan dua rata-rata

Uji kesamaan dua rata-rata digunakan untuk mengetahui apakah kesamaan rata-rata nilai HOTS peserta didik signifikan atau tidak. Data yang diuji kesamaan dua rata-rata ini adalah data pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji kesamaan dua rata-rata pada penelitian ini dilakukan menggunakan SPSS versi 30.0.0.0.

Rumusan hipotesis untuk uji kesamaan dua rata-rata adalah:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$: rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik di kelas eksperimen sama dengan rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik kelas kontrol.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik di kelas eksperimen tidak sama dengan rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik kelas kontrol.

Keterangan:

μ_1 : rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik pada materi teori VSEPR dan domain elektron pada kelas eksperimen.

μ_2 : rata-rata nilai pretes HOTS peserta didik pada materi teori VSEPR dan domain elektron pada kelas kontrol.

Adapun ketentuan kriteria uji yaitu terima H_0 jika nilai sig. $> 0,05$ dan tolak H_0 jika nilai sig. $< 0,05$.

2) Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata bertujuan untuk mengetahui efektivitas model *discovery learning* dalam meningkatkan HOTS peserta didik, dengan hipotesis sebagai berikut:

Adapun hipotesis dari uji perbedaan dua rata-rata dapat dilihat sebagai berikut.

$H_0: \mu_{1x} \leq \mu_{2y}$: rata-rata *n-gain* HOTS peserta didik kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata *n-gain* kelas kontrol.

$H_1: \mu_{1x} > \mu_{2y}$: rata-rata *n-gain* HOTS peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata *n-gain* kelas kontrol.

Keterangan:

μ_{1x} : rata-rata *n-gain* HOTS peserta didik pada materi VSEPR dan domain elektron pada kelas eksperimen

μ_{2y} : rata-rata *n-gain* HOTS peserta didik pada materi VSEPR dan domain elektron pada kelas kontrol.

Adapun ketentuan kriteria uji yaitu terima H_0 jika nilai sig. $> 0,05$ dan tolak H_0 jika nilai sig. $< 0,05$.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan model *discovery learning* berbantuan visualisasi molekul 3D efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik pada materi teori VSEPR dan domain elektron. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan yang signifikan antara rata-rata *n-gain* peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, aktivitas peserta didik yang meningkat pada pertemuan pertama dan kedua serta tingkat keterlaksanaan model yang berada pada kategori tinggi.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan bahwa:

1. Bagi calon peneliti yang akan melakukan penelitian dengan menggunakan model *discovery learning* berbantuan visualisasi molekul 3D, disarankan untuk melakukan perencanaan waktu yang lebih matang, terutama dalam tahap penggunaan software visualisasi seperti Avogadro, agar peserta didik memiliki waktu yang cukup untuk eksplorasi. Perlunya mengkaji software lain yang dapat menampilkan visualisasi yang lebih tepat untuk molekul dengan ikatan yang superoktet, karena Avogadro belum mampu menampilkan visualisasi senyawa SF₆ dengan tepat.

2. Bagi guru, model *discovery learning* berbantuan visualisasi 3D dapat dijadikan alternative strategi pembelajaran inovatif dalam mata pelajaran kimia. Model ini tidak hanya mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik akan tetapi, mampu mendorong keaktifan, kolaborasi dan pemahaman kontekstual.
3. Bagi sekolah, penggunaan media berbantuan visualisasi 3D sebaiknya didukung dengan infrastruktur yang memadai dan lengkap, mengingat peserta didik kesulitan dalam mengakses *software* Avogadro karena terkendala *device* dan jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdinejad, M., Mirza, Z., Zhang, X. A., & Kraatz, H. B. (2020). Enhanced electrocatalytic activity of primary amines for CO₂ reduction using copper electrodes in aqueous solution. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(4), 1715-1720.
- Akpan, B., & Kennedy, T. J. (2020). *Science education in theory and practice: An introductory guide to learning theory*. Springer.
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning?. *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.
- Amalia, A., & Pujiastuti, H. (2020). Analisis kemampuan berpikir tingkat tinggi pada peserta didik smp ypwks cilegon dalam menyelesaikan soal pola bilangan. *Wahana Didaktika: Jurnal Ilmu Kependidikan*, 18(3), 247-254.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Anthony, G. (1996). Active learning in a constructivist framework. *Educational Studies in Mathematics*, 31(4), 349–369.
- Annuuru, T. A., Johan, R. C., & Ali, M. (2017). Peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam pelajaran ilmu pengetahuan alam siswa sekolah dasar melalui model pembelajaran treffinger. *Educational Technologia*, 1 (2), 137-144.

- Ari, B.M. (1998). Constructivism in computer science education. *Acm sigcse bulletin*, 30(1), 257-261.
- Audie, N., (2019). Peran Media Pembelajaran Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, 2(1), 586-595.
- Baharuddin, & Wahyuni, E. N. (2007). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Barrat, C. (2014). *Higher Order Thinking and Assessment*. International Seminar on Current issues in primary education.
- Bivall, P., Jakobsson, A., & Tibell, L. A. (2011). What do you see? A study of student interpretation of 2D and 3D representations of molecular processes. *Research in Science Education*, 41(4), 541–560.
- Brookhart, S. M. (2010). *How to assess higher-order thinking skills in your classroom*. ASCD.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31(1), 21-32.
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 11-28). Springer.
- Budiningsih, C. A. (2005). Strategi pembelajaran berpijak pada budaya peserta didik. *Dinamika Pendidikan*, 12(1), 60-70.
- Chiu, T. K., (2022). Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(1), 14-30.
- Cuban, L. (1984). Policy and research dilemmas in the teaching of reasoning: Unplanned designs. *Review of Educational Research*, 54(4), 655-681.

- Daniyati, A., Saputri, I. B., Wijaya, R., Septiyani, S. A., & Setiawan, U., (2023). Konsep Dasar Media Pembelajaran. *Journal of Student Research (JSR)*, 1(1), 282-294.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific *discovery learning* with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
- De Jong, T., Martin, E., Zamarro, J. M., Esquembre, F., Swaak, J., & van Joolingen, W. R. (1999). The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 36(5), 597-615.
- Diniarti, S. K., & Ismono (2013). The Development Of Student Worksheet With Multiple Representations Oriented By Open-ended Problem Solving In Chemical Equilibrium Matter. *Unesa Journal of Chemical Education*, 2(2), 196-203.
- Dwijayanti, N. 2021. Pembelajaran Berbasis HOTS sebagai Bekal Generasi Abad 21 di Masa Pandemi. *Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 9(1), 2338-9400.
- Eliyawati, Naufal, R. W., Lala, S. R., & Rika, R. A. (2022). “ChemFUN” Android Application to Explore Students’ Understanding of Chemical Representation on Matter Topic. *Journal of Natural Science Teaching*, 5(1), 69-84.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical thinking*. New York: Prentice Hall
- Fatemah, A., Rasool, S., & Habib, U. (2020). Interaction 3D visualization of chemical structure diagrams embedded in text to aid spatial learning process of students. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 992-1000.
- Fathoni M. I., & Marpanaji, E., (2018). Pengembangan E-book Interaktif Mata Pelajaran Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) untuk SMK Kelas X. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 5(1), 70-81.

- Fitriani, E. (2019). Analisis kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik Indonesia berdasarkan hasil PISA dan TIMSS. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 8(1), 24–32.
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (1993). *How to Design and Evaluate Research in Education 10th ed.* McGraw-Hill Education.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Springer.
- Gillespie, R. J., & Robinson, E. A. (1996). Models of molecular geometry. *Journal of Chemical Education*, 73(7), 622.
- Habraken, C. L. (1996). Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted?. *Journal of Science Education and Technology*, 5(3), 193-201.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455.
- Hanwell, M. D., Curtis, D. E., Lonie, D. C., Vandermeersch, T., Zurek, E., & Hutchison, G. R. (2012). Avogadro: An advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform. *Journal of Cheminformatics*, 4(1), 1-17.
- Hia, E. K. K., Harahap, A. S., & Nugraha, A. W. (2022). Pengaruh media pembelajaran berbasis 3D dan animasi molekul dengan kooperatif tipe savu terhadap hasil belajar kimia siswa SMA kelas X pada materi larutan elektrolit dan nonelektrolit. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(6), 564-569.
- Hosnan, M. (2014). *Pendekatan saintifik dan kontekstual dalam pembelajaran abad 21: Kunci sukses implementasi kurikulum 2013*. Ghalia Indonesia.
- Hurrahman M., Erlina, Husna A. M., Eny Enawaty, Rody P. S. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Multipel Representasi Dengan Bantuan Teknologi Augmented Reality untuk Pembelajaran Materi Bentuk Molekul. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 89-114.

- Jana, P., & Fahmawati, A. A. N. (2020). Model *discovery learning* untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), 213-220.
- Jannah N. N., Budiana, S., & Gani, R. A. (2022). Pengembangan E-book Berbasis Flip PDF Professional pada Tema 9 Subtema Kegiatan Berbasis Literasi Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(6), 7894-7901.
- Jannah N., Fadiawati, N., & Tania, L., (2017). Pengembangan E-book Interaktif Berbasis Fenomena Kehidupan Sehari-hari tentang Pemisahan Campuran, *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 6(1), 186-198.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
- Julia C., Saoutra, E. R., & Wiranti, D. A., (2022). Penggunaan Media Berbasis ICT Dengan Aplikasi Powtoon Pada Mata Pelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Pendidikan Dasar: Jurnal Tunas Nusantara*, 4(1), 449-456.
- Khairinal, Suratno, & Aftiani, R. Y. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran E-book Berbasis Flip Pdf Professional Untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar Dan Minat Belajar Peserta didik Pada Mata Pelajaran Ekonomi Peserta didik Kelas X IIS 1 SMA Negeri 2 Kota Sungai Penuh. *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(1), 458-470.
- Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. *Computers & Education*, 52(2), 390-401.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. *Visualization in science education*, 1, 121-146.

- Kusuma, F. F., Jalmo, T., & Yolida, B. (2019). Penggunaan *discovery learning* dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 7(2), 93-102.
- Lestari R. T., Eka P. A., Yerry S. (2018). *E-book Interaktif*. *Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 1(1), 71-76.
- Maahury, M. F., Souhoka, F. A., Latupeirissa, J. & Sapulet, S. M. (2023). Pemanfaatan Avogadro untuk Pengenalan Molekul sederhana pada SMP Negeri 24 Maluku Tengah. *Innovation for Community Service Journal*, 1(1), 5-9.
- Maghfiroh L., Kusumawati D. (2021). Validitas Multimedia Interaktif 3 Dimensi Berorientasi Visual Spasial Pada Sub Materi Ikatan Kovalen Koordinasi. *Journal of Chemical Education*, 10(2), 205-212.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks. CA: Corwin Press.
- Muhson, A., (2010). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, 8(2), 1-10.
- Munawwaroh., & Anwar, S., (2020). Kelayakan E-book Interaktif sebagai Bahan Ajar E-learning pada Materi Elektrokimia yang Dikembangkan Melalui 4S TMD, *Jurnal Chemica*, 21(1), 228-235.
- Nugrahaeni, A., Redhana, I. W., & Kartawan, I. M. A. (2017). Penerapan model *discovery learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 1(1), 23-29.
- Nurhairunnisah., & Sujarwo. (2018). Bahan Ajar Interaktif Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Pada Peserta didik SMA Kelas X. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 5(2), 192-203.
- Oemar, H. (2009). *Psikologi belajar. Membantu Guru dalam Perencanaan, Pengajaran, Penilaian Perilaku dan Memberi Kemudahan kepada Peserta didik dalam Belajar*. Bandung: Sinar Baru Agensiindo Permendiknas, (34).

- Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B. W., Richmond, G., & Urban-Lurain, M. (2018). Development of the BioCore guide: A tool to align teaching and assessments to Vision and Change core concepts. *CBE—Life Sciences Education*, 11(2), 207–216.
- Pratini, H. S., & Widyaningsih, R. (2019, January). HOTS Calon Guru Matematika dan Upaya Untuk Menstimulasinya. In Seminar Nasional FKIP 2018. Annuuru, T. A., Johan, R. C., & Ali, M. (2017). Peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam peserta didik sekolah dasar melalui model pembelajaran treffinger. *Edutcehnologia*, 3 (2), 136–144.
- Pratiwi, R., Endang, S., Sri, S. S., Woro, S. (2018). Implementation of Practical Worksheet based on Multiple Representations with Basic Science Process Skills Indicators. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. volume 247, 385-389.
- Puspaningtyas, N. D. (2019). Berpikir lateral peserta didik SD dalam pembelajaran matematika. *Mathema: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(1), 24-30.
- Qodri M. H. (2023). Pengembangan Media Filter Instagram Berbasis Augmented Reality Padateori Domain Elektron (VSEPR) Dan Respon Peserta didik Dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Riset Pembelajaran Kimia*, 8(1), 14-23.
- Rahman L., & Silaban, R., Nurfajriani. (2021). Development of E-Module Assisted Chemistry Flip Pdf Professional for Non-Metal Chemistry Learning on the Subject of Carbon and Silicon. *Jurnal Universitas Indraprasta PGRI*, Vol. 1, 185-191.
- Raja, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). Impact of modern technology in education. *Journal of applied and advanced research*, 3(1), 33-35.
- Redhana, I. W. Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi pendidikan kimia*, 2019, 13. 1.
- Resnick, L. B. (1987). *Education and learning to think*. National Academy Press.

- Sadiku, M. N., Bansal, R., Christopoulos, C., Demarest, K. R., Weisshaar, A., Rao, N. N., & Wilton, D. R. (2018). *Fundamentals of engineering electromagnetics*. CRC press.
- Sani, F., Madhok, V., Norbury, M., Dugard, P., & Wakefield, J. R. (2015). Greater number of group identifications is associated with healthier behaviour: Evidence from a Scottish community sample. *British Journal of Health Psychology*, 20(3), 466-481.
- Sardiman, 2000. *Interaksi Dan Motivasi Belajar Mengajar*. Jakarta : Rajawali Pers.
- Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and instruction*, 17.2, 219-234.
- Strauning, H. (2023). *Model Pembelajaran Discovery learning Sukses Pembelajaran IPA*. Indramayu: Penerbit Adab.
- Sujadi, I., Putra, W., & Yusuf, R. (2021). Evaluasi hasil belajar peserta didik Indonesia berdasarkan studi PISA. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 6(1), 89–99.
- Suharti, L. S., Suprpto, N., & Setiawan, A. (2016). The application of higher order thinking skills (HOTS) in the learning process of chemistry in senior high schools. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(12), 5339-5353.
- Suprpto Edy, Davi A., Inayah P. P. (2019). Pengembangan E-book Interaktif Berbasis Animasi Bagi Peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 2(2), 125-130.
- Suprihatiningrum, J., & Fitriyani, S. N. (2014). Studi Komparasi Modul Kimia Berbasis Media Screen Reader Jaws dan Braille Terhadap Prestasi, Motivasi, dan Kemandirian Belajar Peserta Didik Difabel Netra. *Inklusi*, 1(2), 207-220.
- Sural, I. (2018). Augmented reality experience: Initial perceptions of higher education students. *International Journal of Instruction*, 11(4), 565-576.

- Sutrisno, S., Poedjiastoeti, S., & Sanjaya, I. G. M. (2014). Efektivitas Pembelajaran Bentuk Molekul dengan Pemodelan Real Berbasis Penemuan Terbimbing untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*, 3(2), 332-339.
- Tasrif, T. (2022). Higher Order Thinking Skills (HOTS) dalam pembelajaran social studies di sekolah menengah atas. *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, 10(1), 50-61.
- Tewa, Y. (2023). Efektivitas Penerapan Model *discovery learning* dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA pada Materi Pokok Ikatan Kimia. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 12(1), 69-77.
- Valcheva, D., Todorova, M., & Asenov, O. (2010, June). 3D model of e-learning. In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies* (pp. 359-364).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Yilmaz Ince, E., Kabul, A., & Diler, İ. (2020). Distance education in higher education in the COVID-19 pandemic process: A case of Isparta Applied Sciences University. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(4), 345-351.
- Zhang, X., Zheng, L., & Zhan, Z. (2019). Does 3D visualization enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 128, 397-411.

Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive?. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145-181.

Zulfahmi., Wiji., & Mulyani, S. (2021). Pengembangan Strategi Pembelajaran Berbasis Intertekstual Dengan Model Visualisasi Pada Konsep Geometri Molekul Untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Peserta didik. *Chimical didactica acta*, 9(1), 8-16.