

**EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI
PhET DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL
SISWA PADA MATERI BENTUK MOLEKUL**

(Skripsi)

**Oleh
YULIA ANGGRAINI
NPM 2013023061**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI PhET DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL SISWA PADA MATERI BENTUK MOLEKUL

Oleh

YULIA ANGGRAINI

Penelitian bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi bentuk molekul. Penelitian ini menggunakan desain *non-equivalent pretest-posttest control group*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Mancak tahun ajaran 2024/2025. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *cluster random sampling* diperoleh kelas XI-8 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-2 sebagai kelas kontrol. Teknik analisis data yang digunakan adalah uji perbedaan dua rata-rata dengan uji *Mann Whitney U*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* kelas eksperimen sebesar 0,56 atau berkategori sedang, sementara kelas kontrol sebesar 0,36 atau berkategori sedang. Hasil uji *Mann Whitney U* menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* kemampuan spasial siswa kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dibandingkan rata-rata *n-gain* kelas kontrol pada materi bentuk molekul. Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi bentuk molekul.

Kata kunci: model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET, bentuk molekul, kemampuan spasial

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF PHET SIMULATION-ASSISTED DISCOVERY LEARNING MODEL IN IMPROVING STUDENTS SPATIAL ABILITY ON MOLECULAR SHAPE MATERIAL

By

YULIA ANGGRAINI

The study aims to describe the effectiveness of discovery learning model assisted by PhET simulation in improving students' spatial ability on molecular shape material. This study used a non-equivalent pretest-posttest control group design. The population in this study were all students in grade XI of SMA Negeri 1 Mancak in the 2024/2025 school year. Sampling was done by cluster random sampling technique, obtained class XI-8 as the experimental class and class XI-2 as the control class. The data analysis technique used is the two mean difference test with the Mann Whitney U test. The results showed that the average n-gain of the experimental class was 0.56 or medium category, while the control class was 0.36 or medium category. The Mann Whitney U test results show that the average n-gain of spatial abilities of experimental class students is significantly higher than the average n-gain of the control class on molecular shape material. Based on the results of the study, it can be concluded that the discovery learning model assisted by PhET simulation is effective in improving students' spatial abilities on molecular shape material.

Keywords: PhET simulation-assisted discovery learning model, molecular shape, spatial ability.

**EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI
PhET DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL SISWA PADA
MATERI BENTUK MOLEKUL**

Oleh
YULIA ANGGRAINI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

Judul Skripsi

**EFEKTIVITAS MODEL *DISCOVERY*
LEARNING BERBANTUAN SIMULASI
PbET DALAM MENINGKATKAN
KEMAMPUAN SPASIAL SISWA PADA
MATERI BENTUK MOLEKUL**

Nama Mahasiswa

Yulia Anggraini

Nomor Pokok Mahasiswa

2013023061

Program Studi

Pendidikan Kimia

Jurusan

Pendidikan MIPA

Fakultas

Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

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

[Signature]
Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.
NIP 19901206/201912 1 001

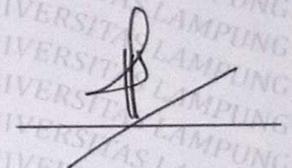
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

[Signature]
Dr. Nurhanurawati, M.Pd
NIP 19670808 199103 2 001

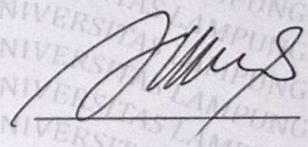
MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

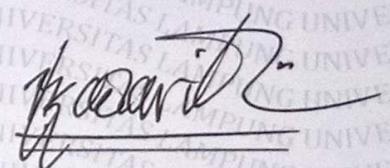
Ketua : Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.



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



Penguji Bukan Pembimbing : Dra. Nina Kadaritna, M.Si.



2. **Plt. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



Drs. Risywandi, M.Pd.
NIP. 19760808 200912 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Januari 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Yulia Anggraini
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023061
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

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

Apabila dikemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggungjawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 30 Januari 2025
Yang menyatakan



Yulia Anggraini
NPM. 2013023061

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis adalah Yulia Anggraini, dilahirkan di Waringin, Kecamatan Mancak, Kabupaten Serang, Provinsi Banten pada tanggal 28 Agustus 2002, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari Ibu Abdiyah dan Bapak Safrudin. Pendidikan formal diawali pada tahun 2008 di Sekolah Dasar (SD) Negeri Cingeunah Kabupaten Serang dan lulus pada tahun 2014, melanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Mancak selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2017, dan melanjutkan sekolah di SMA Negeri 1 Anyer selama tiga tahun dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung Program Pendidikan Strata 1 (S1) program studi Pendidikan kimia melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah pembelajaran berbasis TIK pada tahun 2023. Pernah aktif dalam organisasi internal kampus yaitu menjadi Sekretaris Bidang Minat dan Bakat pada tahun 2021, dan menjadi Kepala Bidang Minat dan Bakat pada tahun 2022 Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (FOSMAKI) FKIP Unila, serta pernah menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (HIMASAKTA) FKIP Unila pada Divisi Kreativitas Mahasiswa. Pada tahun 2023, pernah mengikuti program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) yang terintegrasi dengan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negara Batin, Kecamatan Negara Batin, Kabupaten Way Kanan, serta terdaftar sebagai peserta Program Kampus Mengajar Periode 6 di SMPS DCC Global School.

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur dan hormat, kupersembahkan karya ini untuk orang-orang terkasih yang telah menjadi sumber kekuatan, cinta, dan inspirasi dalam setiap langkah perjalanan penulis.

Mamah (Abdiyah)

Terima kasih, ya, Mah, atas dukungan, kasih sayang, serta doa yang tak pernah putus. Terima kasih telah menjadi Mamah yang hebat dan senantiasa memberikan semangat, tidak hanya dalam belajar, tetapi dalam menjalani hidup dengan penuh harapan. Keberhasilanku ini adalah buah dari pengorbanan dan cinta tiada batas darimu. Terima kasih Mamah.

Bapak (Safrudin)

Terima kasih, ya, Pak, untuk semua keringat perjuangan, air mata dan darah pengorbanan, serta kasih yang tulus. Bapak adalah alasanku mampu bertahan di setiap kesulitan. Terima kasih pahlawan hidupku.

Saudara-saudaraku (Suci Amalia dan Melinda Putri) yang selalu mendoakanku.

Para Pendidikku (Guru & Dosen)

Terima kasih, karena telah memberi, mendukung, dan memberiku ilmu tanpa pamrih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasamu.

Serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Sometimes the wait is longer, because the blessing is bigger”

(Joyce Meyer)

“Progress, not perfection. Small steps lead to big changes”

(Darius Foroux)

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efektivitas Model *Discovery Learning* Berbantuan simulasi PhET dalam Meningkatkan Kemampuan Spasial Siswa pada Materi Bentuk Molekul”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan. Dukungan dari berbagai pihak sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Riswandi, M.Pd., selaku Plt. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan pendidikan Matematika dan Ilmu Pendidikan Alam;
3. Dr. M. Setyorini, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia;
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi, nasihat dan kemudahan dalam pembuatan skripsi;
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
6. Dra. Nina Kadaritna, M.Si., selaku dosen pembahas atas masukan dan saran yang sangat berharga, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik;
7. Seluruh Dosen dan staff Pendidikan Kimia atas motivasi dan ilmu yang telah diberikan;
8. Bapak Resmana, S.Pd., selaku kepala SMA Negeri 1 Mancak;
9. Ibu Desy Tri Kurnia, S.T., M.Pd., selaku guru pengampu mata pelajaran kimia

kelas XI dan pembimbing selama menjalankan penelitian, serta siswa-siswi kelas XI-2 dan XI-8 atas kerjasamanya dalam membantu penulis selama melakukan penelitian;

10. Sahabat-sahabatku, Lutfiah Dwi Putri, Bellia Nabila Reta, Ega Dwi Anggraini, Elenna Wardani, Risna Wahyuni Dongoran, Reny Septina Dewi, dan Julian Agusti atas segala bantuan dan ketersediaannya dalam berbagi cerita dan keluh kesahku selama menjalani perkuliahan;
11. Sahabat KKN tersayang, Ika Angelita, Anfasa Rizga Aprilia, Shela Deifani, Murniyati, Soviyah Sari, Erni Lestari, Delima Fitriyani, Muhammad Rio Aprianto, dan Bani Safi'I yang telah menjadi keluarga bagi saya selama KKN. Terima kasih atas cinta dan persahabatan;
12. Teman-teman seperjuanganku Pendidikan Kimia 2020 yang telah saling menguatkan dan memberikan cerita berkesan selama menjalani perkuliahan;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, namun telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini;

Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi dan memberikan karunia-Nya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 30 Januari 2025

Penulis,

Yulia Anggraini

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Model <i>Discovery Learning</i>	7
2.2 Pembelajaran Berbantuan Simulasi	9
2.3 Kemampuan Spasial	11
2.4 Penelitian Relevan	13
2.5 Kerangka Pemikiran	15
2.6 Anggapan Dasar	17
2.7 Hipotesis Penelitian	17
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Populasi dan Sampel	18
3.2 Metode dan Desain Penelitian	18
3.3 Variabel Penelitian	19
3.4 Data Penelitian	19
3.5 Perangkat Pembelajaran dan Instrumen Penelitian	19
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	20
3.7 Teknik Analisis Data	23

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian.....	27
4.2 Pembahasan	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	59
Lampiran 1. Analisis Capaian Pembelajaran.....	60
Lampiran 2. Modul Ajar Kelas Eksperimen.....	63
Lampiran 3. Modul Ajar Kelas Kontrol	74
Lampiran 4. LKPD Pertemuan 1 Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	85
Lampiran 5. LKPD Pertemuan 2 Kelas Eksperimen.....	91
Lampiran 7. Panduan Penggunaan Simulasi PhET	106
Lampiran 8. LKPD Pertemuan 2 Kelas Kontrol	109
Lampiran 9. LKPD Pertemuan 3 Kelas Kontrol	116
Lampiran 10. Kisi-Kisi Soal Pretes dan Postes	123
Lampiran 11. Rubrik Penilaian Prestes dan Postes	126
Lampiran 12. Soal Pretes dan Postes.....	131
Lampiran 13. Lembar Observasi Keterlaksanaan Model <i>Discovery Learning</i>	133
Lampiran 14. Nilai Pretes Kelas Eksperimen.....	148
Lampiran 15. Nilai Postes Kelas Eksperimen	150
Lampiran 16. Nilai Pretes Kelas Kontrol	152
Lampiran 17. Nilai Postes Kelas Kontrol.....	154
Lampiran 18. Hasil Pretes-Postes serta <i>n-gain</i> Kelas Eksperimen.....	156
Lampiran 19. Hasil Pretes-Postes serta <i>n-gain</i> Kelas Kontrol	157
Lampiran 20. Data <i>Output</i> SPSS.....	158

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Relevan.....	14
2. Desain Penelitian.....	18
3. Klasifikasi <i>n-gain</i>	24
4. Kriteria Pengklasifikasian Kemampuan Guru	26
5. Rata-Rata <i>n-gain</i> pada Masing-Masing Indikator Kemampuan Spasial.....	30
6. Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas	30
7. Hasil Uji <i>Mann Whitney U</i> terhadap Data <i>n-gain</i> Kemampuan Spasial	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tampilan halaman awal pada simulasi PhET.....	10
2. Tampilan <i>Section Model</i>	11
3. Tampilan <i>Section Real Molecule</i>	11
4. Alur Penelitian.....	22
5. Rata-Rata Nilai Pretes-Postes Kelas Penelitian	27
6. Rata-Rata Nilai Pretes-Postes Per Indikator	29
7. Rata-Rata <i>n-gain</i> Kelas Penelitian	29
8. Persentase (%) Keterlaksanaan Pembelajaran	32
9. Jawaban Siswa pada LKPD 1 Tahap Identifikasi Masalah	35
10. Jawaban Siswa pada LKPD 2 Tahap Identifikasi Masalah.....	36
11. Jawaban Siswa pada LKPD 3 Tahap Identifikasi Masalah	36
12. Jawaban Siswa pada LKPD 2 Indikator Visualisasi Spasial.....	37
13. Jawaban Siswa pada LKPD 3 Indikator Orientasi Spasial.....	38
14. Jawaban Siswa pada LKPD 1 Tahap Pengolahan Data.....	39
15. Indikator Relasi Spasial pada LKPD 3	40
16. Simulasi PhET Menampilkan Visualisasi Molekul Bentuk 3D	40
17. Jawaban Siswa Pada LKPD 3 Indikator Visualisasi Spasial.....	41
18. Soal Nomor 1	42
19. Jawaban Siswa pada Pretes (a) Postes (b) Nomor 1	43
20. Soal Nomor 2	44
21. Jawaban Siswa pada Pretes (a) Postes (b) Nomor 2	45
22. Soal Nomor 3 dan 4	46
23. Jawaban Siswa pada Pretes Nomor 3 dan 4.....	46
24. Jawaban Siswa pada Postes Nomor 3 dan 4.....	46
25. Soal Nomor 5	47
26. Jawaban Siswa pada Pretes (a) Postes (b) Nomor 5	48
27. Dokumentasi Pertemuan 1	49
28. Dokumentasi Pertemuan 2 dan 3.....	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada abad 21 ini, berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan dasar yang sangat kuat dan penting bagi perkembangan dan kemajuan suatu bangsa. Hal itu pula berdampak secara langsung ke dalam dunia pendidikan. Terdapat hubungan antara ilmu pengetahuan dan teknologi, yaitu ilmu pengetahuan menyediakan bahan pendukung penting bagi kemajuan teknologi berupa teori-teori, sedangkan penemuan teknologi sangat membantu perluasan dalam mencari dan menemukan ilmu pengetahuan (Effendi dkk., 2018). Ilmu sains merupakan ilmu pengetahuan yang penting, karena berhubungan langsung dengan kehidupan sehari-hari dan merupakan salah satu faktor menuju sukses dalam dunia pekerjaan yang semakin kompetitif saat ini (Yilmaz, 2009).

Ilmu kimia merupakan salah satu bidang sains yang mempelajari materi dan perubahannya serta energi yang menyertainya. Karena kimia adalah mata pelajaran konseptual dan berkaitan erat dengan hal-hal yang bersifat abstrak dan kompleks, guru seharusnya menggunakan model tidak hanya menjelaskan konsep tetapi juga menggambarkan dan menghubungkan submikroskopik dengan sifat makroskopis materi (Taber, 2002). Salah satu cara guru memperkenalkan konsep kimia kepada siswa dapat melalui penggunaan representasi 2D dan 3D yang dapat meningkatkan kemampuan spasial (Setyarini dkk., 2017).

Kemampuan spasial merupakan kemampuan untuk menghasilkan, menyimpan, dan memanipulasi gambaran visual yang abstrak. Pada tingkat paling dasar, kemampuan spasial memerlukan kemampuan dalam mengode, mengingat, mengubah, dan mencocokkan rangsangan spasial. Lohman menetapkan tiga faktor utama yang di-

identifikasi sebagai dimensi utama kemampuan spasial. Tiga faktor utama tersebut yakni (i) relasi spasial, (ii) orientasi spasial, dan (iii) visualisasi spasial (Harle & Town, 2011).

Dalam pembelajaran kimia kemampuan spasial berperan pada proses berfikir tentang korelasi bentuk visual dalam 2D maupun 3D dan merepresentasikan, serta mentransformasi bentuk molekul 2D menjadi 3D ataupun sebaliknya, dan identifikasi isomer geometri yang menuntut siswa untuk imajinatif sehingga penting bagi siswa untuk mempunyai kemampuan spasial yang baik (Gilbert, 2005; Hurrahman dkk., 2022; Stieff dkk., 2012; Yilmaz, 2009; Setyarini dkk., 2017). *National Academy of Science* menyatakan bahwa setiap siswa harus meningkatkan kemampuan dan penginderaan spasialnya yang sangat berguna dalam memecahkan masalah dan penalaran dalam sains (Fajri dkk., 2016). Kemampuan spasial dapat ditingkatkan dengan berbagai cara dan latihan juga dipertahankan agar mempunyai efek jangka panjang pada pembelajaran siswa (Ferguson dkk., 2008).

Upaya peningkatan kemampuan spasial dapat dilakukan dengan menggunakan model pembelajaran berbasis penemuan atau *discovery learning* pada pembelajaran kimia di sekolah (Fajri dkk., 2016; Mursid, 2016). Dalam proses pembelajarannya *discovery learning* memiliki tahapan yaitu *stimulation* (pemberikan rangsangan), *problem statement* (identifikasi masalah), *data collection* (pengumpulan data), *data processing* (pengolahan data), *verification* (pembuktian) dan generalisasi (penarikan kesimpulan) (Hosnan, 2014). Tujuan spesifik dari model *discovery learning* selaras dengan upaya peningkatan kemampuan spasial yaitu siswa dapat memiliki kesempatan untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran, siswa dapat belajar menemukan pola dalam situasi konkrit maupun abstrak, juga siswa dapat meramalkan informasi tambahan yang diberikan maupun ditemukan dalam memecahkan masalah (Fajri, 2016).

Salah satu materi kimia di SMA yang menuntut kemampuan spasial yang baik adalah ikatan kimia khususnya pada materi bentuk molekul. Pada materi bentuk molekul sangat sulit dipahami oleh siswa karena bersifat abstrak dan kompleks (Behmke dkk., 2018; Kiernan dkk., 2021). Fakta yang ada adalah banyak siswa yang mengalami

kesulitan dalam menggambarkan bentuk molekul karena tidak dapat diamati secara langsung, oleh karenanya siswa tidak mampu memproyeksikan gambaran molekul dalam pikirannya (Cardellini, 2012). Kesulitan siswa dalam menggambarkan bentuk molekul juga berkaitan dengan kemampuan spasial siswa yang rendah (Anshori, 2021; Ibnu, 2017).

Hal tersebut didukung oleh hasil wawancara pada studi pendahuluan yang dilakukan dengan siswa dan guru di SMA Negeri 1 Mancak Kabupaten Serang. Diperoleh informasi bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan menggambarkan bentuk molekul. Metode yang digunakan guru selama mengajar bentuk molekul dilakukan dengan metode ceramah dan diskusi kelompok. Metode ceramah memang tidak menyita banyak waktu hanya saja peluang siswa merasa bosan pada saat pembelajaran sangat tinggi karena pembelajaran hanya berpusat pada guru. Selain itu, metode diskusi hanya membuat siswa terampil dalam berdiskusi, namun hal tersebut membuat pemahaman siswa berbeda-beda, karena hanya satu dua orang yang mendominasi. Pembelajaran pada materi bentuk molekul secara konvensional dengan penekanan konsep-konsep yang mempunyai sifat abstraksi yang tinggi dan kompleks sulit di-terima oleh siswa jika penyajian konsep secara langsung dalam bentuk informasi ilmiah, sehingga diperlukan suatu model analogi yang dapat membantu siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak tersebut (Wasiki, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu pembelajaran yang inovatif dan berbantu teknologi digital untuk melatih kemampuan spasial. Seperti pada hasil penelitian yang mengungkapkan bahwa penggunaan multimedia interaktif molekuler 3D pada pengajaran geometri molekul efektif meningkatkan kemampuan spasial siswa (Dwiningsih dkk., 2022). Penggunaan *software* Avogadro melalui komputer dengan pembelajaran stereokimia juga menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan spasial dibandingkan dengan media pembelajaran menggunakan *molymod* (Setyarini dkk., 2017). Kemampuan spasial juga dapat dilatihkan melalui proses pembelajaran pada salah satu materi kelas XI SMA yaitu materi bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR dan teori domain elektron yang pada pembelajarannya

dapat dibantu menggunakan simulasi. Salah satu simulasi yang dapat digunakan yaitu simulasi PhET (Dwiningsih dkk., 2022; Brown dkk., 2021).

Simulasi PhET merupakan sebuah media animasi berbasis simulasi interaktif yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun wawasannya sendiri. Simulasi PhET berisi animasi kimia yang abstrak seperti atom, elektron, molekul dan lainnya yang bersifat submikroskopik dan penggunaannya dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja serta dibuat seperti layaknya permainan. Simulasi PhET dapat membantu menampilkan objek yang sulit diamati secara langsung sehingga dapat memberikan pengalaman yang nyata bagi siswa (Annisa dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian Yang., dkk (2003) menyatakan bahwa penggunaan media interaktif bermanfaat bagi peningkatan kemampuan spasial karena adanya koneksi antara rangsangan verbal dan representasi verbal serta antara rangsangan visual dan representasi visual. Hal tersebut dibuktikan dari berbagai hasil penelitian yang mengungkapkan bahwa penggunaan simulasi PhET mempunyai efek positif dan merupakan cara efektif karena dapat merepresentasikan konsep pada tingkat molekuler yang abstrak sehingga dapat meningkatkan pemahaman kimia siswa dan efektif meningkatkan kemampuan spasial siswa (Koomsom dkk., 2020; Brown dkk., 2021; Correia dkk., 2019; Dwiningsih dkk., 2022).

Berdasarkan hasil observasi serta wawancara, dan sebagai langkah yang dapat mengatasi permasalahan yang ada yaitu dengan menerapkan suatu model pembelajaran berbantuan simulasi. Maka, perlu dilakukan suatu penelitian dengan judul.

“Efektivitas Model *Discovery Learning* Berbantuan Simulasi PhET dalam Meningkatkan Kemampuan Spasial Siswa pada Materi Bentuk Molekul”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimanakah efektivitas model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi bentuk molekul?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan efektivitas model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi bentuk molekul.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Siswa
Dapat memberikan pengalaman baru bagi siswa dalam proses pembelajaran serta mampu meningkatkan kemampuan spasial siswa.
2. Pendidik
Sebagai alternatif model pembelajaran yang dapat digunakan dalam pembelajaran kimia khususnya materi bentuk molekul dan untuk menunjang kegiatan pembelajaran sehingga mampu meningkatkan kemampuan spasial siswa.
3. Sekolah
Diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan mutu pembelajaran kimia di sekolah.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dikatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial apabila *n-gain* rata-rata kelas eksperimen berkategori minimal sedang dan nilai *n-gain* rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol.
2. Model pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini adalah model *discovery learning* dengan tahap-tahap pelaksanaan yaitu, *stimulation* (pemberian rangsangan), *problem statement* (identifikasi masalah), *data collection* (pengumpulan data), *data processing* (pengolahan data), *verification* (pembuktian) dan *generalization* (penarikan kesimpulan) (Hosnan, 2014).
3. Penelitian ini menggunakan simulasi yang berasal dari PhET (*Physics Education Technology*) yang dapat diakses melalui <https://phet.colorado.edu/>.
4. Indikator kemampuan spasial yang akan diukur adalah : visualisasi spasial (*spatial visualization*), relasi spasial (*spatial relation*) dan orientasi spasial (*spatial orientation*) (Lohman, 2014).
5. Cakupan materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR dan teori domain elektron.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model *Discovery Learning*

Model *discovery learning* merupakan model yang mengarahkan kepada pemahaman konsep, arti dan hubungan, melalui proses intuitif untuk memperoleh suatu kesimpulan. Model *discovery learning* dapat meningkatkan cara belajar peserta didik, sehingga belajar menjadi lebih bermakna karena pembelajaran menjadi berpusat pada siswa dengan kegiatan bertukar pikiran, diskusi, mencari informasi, dan menemukannya secara mandiri (Budiningasih, 2005). Bell (1978) menyatakan bahwa tujuan *discovery learning* yaitu (1) meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, (2) siswa dapat belajar menemukan pola dalam situasi konkrit dan abstrak, (3) melatih siswa untuk bekerja sama, saling membagi informasi, serta mendengarkan pendapat orang lain, (4) siswa belajar merumuskan strategi tanya jawab untuk memperoleh informasi yang bermanfaat (Supriyatna, 2018). Agar pengaplikasian *discovery learning* di dalam kelas dapat berjalan lancar, prosedur atau langkah yang harus dilaksanakan dalam kegiatan pembelajaran menurut Hosnan (2014) adalah sebagai berikut:

1. Pemberian rangsangan (*stimulation*)

Pada langkah ini peserta didik akan disajikan persoalan berupa wacana ataupun gambar, kemudian peserta didik diminta untuk membaca, dengan harapan tumbuh rasa ingin tahu terhadap persoalan yang diberikan. Tujuan pada tahapan ini untuk merangsang motivasi belajar peserta didik.

2. Identifikasi masalah (*problem statement*)

Peserta didik diberi waktu untuk mengidentifikasi masalah dari wacana, lalu merumuskan hipotesis (jawaban sementara dari pertanyaan yang diajukan).

3. Pengumpulan data (*data collection*)

Pada langkah ini peserta didik diberi kesempatan untuk mengumpulkan data berupa informasi yang relevan sebagai acuan untuk menjawab pertanyaan atau membuktikan hipotesis yang telah dirumuskan, dengan demikian peserta didik diberi kesempatan untuk mengumpulkan berbagai informasi, dari tahap ini peserta didik belajar aktif untuk menemukan sesuatu yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi, sehingga peserta didik akan menghubungkan masalah dengan pengetahuan yang telah dimiliki.

4. Pengolahan data (*data processing*)

Data atau informasi yang sudah peserta didik peroleh akan diolah, diklasifikasikan, bahkan bila perlu dihitung dengan cara tertentu ditafsirkan pada tingkat kepercayaan tertentu.

5. Pembuktian (*verification*)

Pada langkah ini, peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan hipotesis yang sudah dirumuskan sebelumnya. Berdasarkan hasil pengolahan dan informasi yang diperoleh, pernyataan atau hipotesis yang telah dirumuskan diverifikasi apakah terjawab atau tidak, dan apakah terbukti benar atau tidak.

6. Menarik kesimpulan (*generalization*)

Pada langkah terakhir dari model *discovery learning*, peserta didik peserta didik di tuntut untuk menarik kesimpulan dan harus memperhatikan proses generalisasi yang menekankan pada pentingnya penguasaan pembelajaran atas makna dan kaidah atau prinsip yang luas yang mendasari pengalaman seseorang.

Berdasarkan uraian diatas model *discovery learning* dapat melatih peserta didik dalam memahami materi yang akan dipelajari dengan lebih aktif bertanya, berdiskusi dan mengungkapkan pendapat. Pada model ini peserta didik dituntut untuk menemukan sendiri jawaban atas pertanyaan yang muncul dari dirinya sendiri setelah membaca atau mengamati fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan materi tersebut.

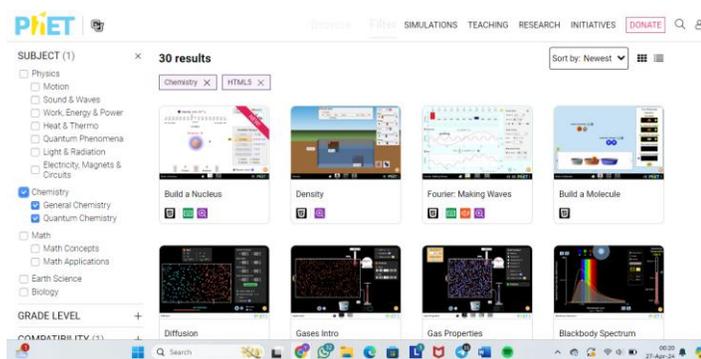
2.2 Pembelajaran Berbantuan Simulasi

Ilmu kimia sangat erat kaitannya dengan konsep yang bersifat abstrak. Penggunaan simulasi dalam pembelajaran dapat mempermudah siswa dalam memvisualisasikan konsep abstrak pada tingkat partikulat. Sehingga, siswa dapat membuat hubungan konsep antara representasi makroskopik, mikroskopik dan simbolik. Simulasi dapat menyajikan gambaran konsep/interaksi pemahaman pada tingkat partikulat tentang fenomena kimia (Stieff & Wilensky, 2003).

Studi penelitian terdahulu menunjukkan bahwa simulasi memberikan pengaruh yang positif pada pembelajaran. Koomson, dkk (2020) mengungkapkan hasil penelitiannya dimana penggunaan simulasi komputer dalam mempelajari materi hibridisasi di SMA dapat membantu dalam membangun model molekuler yang menarik melalui representasi yang meliputi informasi mengenai sudut ikatan, pasangan elektron bebas, dan bentuk molekul (geometri elektron dan molekul). Sebuah studi yang dilakukan oleh Mihindo dkk., (2017) pada siswa sekolah menengah di Nakuru, Kenya menunjukkan bahwa pembelajaran berbantuan simulasi memiliki kontribusi positif dan signifikan terhadap pemahaman konsep dan prinsip kimia siswa. Selain itu Stiawan dkk., (2022) mengungkap hasil penelitiannya bahwa penggunaan simulasi PhET (*Physic Education Technology*) dapat membantu memvisualisasikan bentuk molekul 3D serta meningkatkan penguasaan konseptual topik VSEPR, pada subkonsep bentuk molekul dan tolakan pasangan elektron. Hasil penelitian Correia dkk., (2019) menyatakan bahwa dengan menggunakan simulasi PhET siswa dapat merepresentasikan perilaku gas ditingkat submikroskopis dengan menggunakan simbol - simbol berupa gambar, sehingga dapat membantu pemahaman siswa. Hal ini mendukung pernyataan bahwa pembelajaran berbantuan simulasi lebih efektif dalam meningkatkan prestasi akademik siswa dalam konsep kimia (Nkemakolam dkk., 2018).

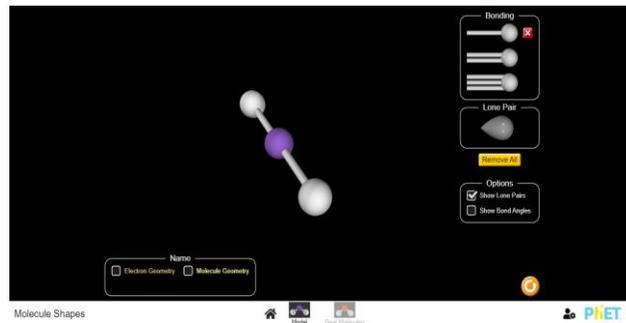
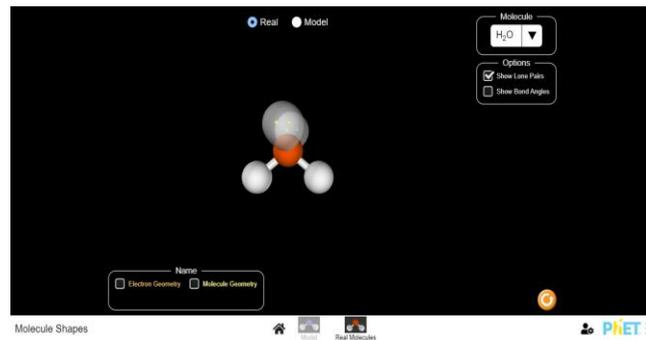
Salah satu simulasi yang dapat digunakan dalam pembelajaran adalah simulasi *Physics Education and Technology* (PhET). PhET merupakan sebuah *software* pembelajaran yang berasal dari Universitas Colorado yang berisi simulasi-simulasi

berkaitan dengan konsep – konsep sains. Melalui visualisasi dan representasi interaktif, simulasi yang ada memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi fenomena kimia yang kompleks, yang mencakup tingkat partikular, simbolis, dan makroskopik (Fazria, 2020). Kemudahan dalam mengakses simulasi PhET menjadi nilai tambah tersendiri dimana pengguna tidak harus mengunduh aplikasi apapun, selain itu pengguna simulasi PhET dapat melakukan simulasi kapan saja dan dimana saja menggunakan perangkat komputer atau ponsel sebab dapat dikoneksi melalui jaringan internet atau tanpa jaringan internet. Siswa yang menggunakan simulasi PhET saat belajar bisa lebih nyaman dan tidak cepat bosan sehingga hasil belajar siswa dapat meningkat (Elisa dkk., 2017). Tampilan halaman awal simulasi PhET dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan halaman awal pada simulasi PhET

Terdapat banyak tema dalam simulasi PhET yang dapat membantu memahami konsep kimia yang kompleks, berkaitan dengan judul penelitian ini yaitu Efektivitas Model *Discovery Learning* Berbantuan Simulasi PhET dalam Meningkatkan Kemampuan Spasial Siswa pada Materi Bentuk Molekul maka simulasi yang digunakan adalah simulasi berjudul “*molecule shapes*”. Terdapat 2 *section* (bagian) pada simulasi bentuk molekul, yaitu model (siswa dapat membuat model bentuk molekul) dan *real molecule* (siswa dapat mengamati beberapa model bentuk molekul yang tersedia) seperti pada Gambar 2 dan 3.

Gambar 2. Tampilan *Section Model*Gambar 3. Tampilan *Section Real Molecule*

Pada *section model*, terdiri dari jenis ikatan (tunggal, ganda dan rangkap tiga), pasangan elektron bebas, keterangan geometri molekul dan geometri elektron, serta sudut ikat dari molekul sehingga *section* ini dapat dimanfaatkan dalam membuat ikatan kovalen, ikatan rangkap dua, dan ikatan rangkap tiga serta membuat bentuk molekul. Pada *section real molecule*, terdiri dari pasangan elektron bebas, terdapat 13 jenis molekul yang tersedia seperti H_2O , CO_2 , SO_2 , XeF_2 , BF_3 , ClF_3 , NH_3 , CH_4 , SF_4 , XeF_4 , BrF_5 , PCl_5 , dan SF_6 , terdapat juga keterangan geometri molekul dan geometri elektron, serta sudut ikat.

2.3 Kemampuan Spasial

Gardner (1983) menyatakan bahwa terdapat delapan jenis kecerdasan seseorang, yaitu 1) linguistik/kecerdasan verbal, 2) logika/matematika, 3) verbal/ spasial, 4)

musik, 5) tubuh/kinestetik, 6) kemampuan interpersonal, 7) kemampuan intrapersonal dan 8) naturalistik. Kemampuan spasial merujuk pada kemampuan untuk membangun aspek kognitif dan fakta secara komprehensif yang dapat digunakan untuk menjelaskan komponen yang berbeda dari suatu objek baik dalam bentuk 2D maupun 3D. Kemampuan spasial sangat penting dalam berfikir tentang kaitannya bentuk visual dalam 2D maupun 3D dan merepresentasikannya dalam bentuk gambar maupun diagram (Zulfahmi dkk., 2021).

Kemampuan spasial adalah kemampuan yang berkaitan dengan persepsi visual (mata) maupun pikiran serta kemampuan mentransformasikan persepsi visual spasial seperti yang dilakukan dalam kegiatan, menggambar, ataupun merancang (Apecawati, dkk., 2018). Lohman menetapkan tiga faktor utama yang diidentifikasi sebagai dimensi kemampuan spasial yakni (i) relasi spasial, (ii) orientasi spasial, dan (iii) visualisasi spasial.

Relasi spasial adalah kemampuan memahami susunan dari suatu objek dan memutar-mutarnya baik dalam bentuk 2D maupun 3D serta bagiannya yang terhubung satu sama lain. Siswa dikatakan memiliki kemampuan relasi spasial ketika dapat memahami dan memutar molekul pada posisi vertikal maupun horizontal dalam bentuk 3D dan 2D dengan searah maupun berlawanan arah jarum jam dari sumbu putar.

Orientasi spasial adalah kemampuan untuk membayangkan suatu molekul baik dalam bentuk 3D maupun 2D dari berbagai sudut pandang yang berbeda. Siswa diharapkan mampu membayangkan sketsa sebuah molekul yang simetri dari sisi yang berbeda, sehingga dapat mengidentifikasi bentuk molekul yang sama dan memprediksi bentuk molekul berdasarkan teori VSEPR dan teori domain elektron yang memerlukan konsep dari struktur lewis untuk menentukan bentuk molekul dengan sudut ikatannya.

Pada dimensi ketiga yaitu visualisasi spasial adalah kemampuan untuk menunjukkan aturan perubahan atau perpindahan suatu susunan dari gambar atau bentuk bangun ruang dari bentuk 3D ke 2D atau sebaliknya. Siswa dikatakan memiliki kemampuan

visualisasi spasial bilamana siswa mampu memvisualisasikan suatu molekul dari bentuk 3D ke 2D ataupun sebaliknya (Zulfahmi dkk., 2021).

Banyak hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan spasial siswa, yakni dengan mengembangkan aspek-aspek yang sudah dikenalkan dalam tinjauan literatur kemampuan spasial dan hubungannya dengan pembelajaran kimia. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keterampilan spasial dapat ditingkatkan dengan latihan dan dipertahankan agar mempunyai efek jangka panjang pada pembelajaran siswa (Ferguson dkk., 2008; Terlecki dkk., 2008; Sorby, 2009). Studi semacam itu mempunyai implikasi spesifik terhadap pengajaran kimia (Mohler, 2008; Harle & Towns, 2011; Terlecki dkk., 2008).

Penelitian lain telah menunjukkan bahwa siswa yang berhasil memecahkan masalah spasial sering kali membuat sketsa dan diagram untuk membantu mereka dalam proses penalaran. Representasi dianggap mengurangi beban kognitif dengan membuka ruang memori kerja dan memfasilitasi proses pemecahan masalah (Kozma & Russell, 2006). Hal tersebut mendukung bahwa kemampuan spasial dan pemahaman siswa, utamanya dalam pembelajaran kimia, merupakan kunci untuk memperoleh kemampuan kognitif yang diperlukan saat mengidentifikasi strategi terbaik untuk memecahkan masalah spasial saat mempelajari kimia (Rahmawati dkk., 2021).

2.4 Penelitian Relevan

Beberapa penelitian terkait pembelajaran berbantuan simulasi PhET dan efektivitasnya terhadap kemampuan spasial telah dilakukan. Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Yang dkk. (2003)	<i>Spatial ability and the impact of visualization and animation on learning electrochemistry</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya koneksi antara rangsangan verbal dan representasi verbal dan antara rangsangan visual dan representasi visual, dapat meningkatkan pembelajaran. Selain itu, terdapat manfaat dari penggunaan media interaktif terhadap kemampuan spasial siswa.
2.	Correia dkk., (2019)	<i>The application of PhET simulation to teach gas behavior on the submicroscopic level: secondary school students' perceptions</i>	Menggunakan simulasi PhET Sebagian besar siswa menemukan cara belajar konsep perilaku gas yang efektif dan efisien.
3.	Koomsom dkk., (2020)	<i>Utilising Computer Simulation and Computerised Molecular Modeling Software to Enhance the Teaching and Learning of Hybridisation in Senior High Schools</i>	Hasil penelitian mengungkapkan bahwa simulasi komputer dan perangkat lunak pemodelan molekuler terkomputerisasi mempunyai efek positif pada pengajaran dan pembelajaran hibridisasi di sekolah menengah atas.
4.	Brown dkk., (2021)	<i>Visualizing molecular structures and shapes: A comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling</i>	Hasil penelitian menunjukkan penggunaan simulasi PhET merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa serta dapat membantu siswa memahami geometri molekul.
5.	Dwiningsih dkk., (2022)	<i>3D Molecular Interactive Multimedia for Building Chemistry Students' Spatial Ability</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengajaran geometri molekul berbantuan multimedia interaktif molekuler 3D efektif meningkatkan kemampuan spasial siswa kimia untuk tiga domain spasial (visual, relasi, dan orientasi).

2.5 Kerangka Pemikiran

Ilmu kimia yang merupakan mata pelajaran konseptual yang berkaitan erat dengan hal-hal yang bersifat abstrak dan kompleks, sehingga dalam memahami ilmu kimia diperlukan suatu model analogi yang dapat merepresentasikan konsep-konsep abstrak pada tingkat partikulat. Penggunaan representasi 2D dan 3D merupakan suatu cara dalam membantu siswa dapat memahami materi kimia karena memberikan pengalaman yang nyata pada saat pembelajaran berlangsung. Selain itu, penggunaan representasi 2D dan 3D berkaitan dengan upaya dalam meningkatkan kemampuan spasial yang penting dimiliki siswa baik dalam memahami materi kimia. Kemampuan spasial memiliki indikator utama yaitu relasi spasial, orientasi spasial, dan visualisasi spasial menurut (Lohman, 2014).

Materi kimia yang memerlukan kemampuan spasial yang baik salah satunya adalah materi bentuk molekul. Namun, nyatanya pembelajaran di sekolah masih ditemukan belum melibatkan penggunaan representasi 2D apalagi 3D sehingga kemampuan spasial siswa belum terlatih. Hal tersebut, menjadi salah satu dampak pemahaman siswa terhadap materi bentuk molekul rendah. Maka, diperlukan suatu solusi dalam mengatasi permasalahan yang ada, yakni dengan menerapkan suatu pembelajaran berbantuan simulasi.

Dalam menerapkan simulasi dalam pembelajaran, digunakan model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET. Model pembelajaran *discovery* bertujuan agar siswa dapat menemukan solusi dari suatu masalah, mandiri dan aktif dalam membangun pengalaman mereka melalui pembelajaran bermakna, siswa dapat mengeksplorasi, menemukan, menghasilkan, mengintegrasikan, dan menggeneralisasi pengetahuannya sendiri, sehingga dapat memahami pembelajaran (Bicknell-Holmes & Hoffman, 2000; Joolingen, 1998). Terdapat enam tahapan dalam model pembelajaran *discovery* mengacu pada Hosnan (2014) yaitu: memberi rangsangan (*stimulation*), mengidentifikasi masalah (*problem statement*), mengumpulkan data (*data collecting*), mengolah data (*data processing*), memverifikasi (*verification*), menyimpulkan

(*generalization*). Tahapan pembelajaran *discovery* yang melatih kemampuan spasial pada penelitian ini adalah pada tahap mengumpulkan dan mengolah data.

Tahap pertama *stimulation* (pemberian rangsangan). Pada tahap ini siswa dihadapkan pada permasalahan berupa wacana dan gambar bentuk molekul yang menimbulkan kebingungan. Pada penelitian ini, masalah yang diberikan pada siswa berkaitan dengan materi bentuk molekul, dan siswa diminta untuk menyelidiki sendiri permasalahan yang timbul. Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah, pada tahap ini siswa diarahkan untuk menemukan permasalahan dengan mengajukan suatu pertanyaan, dan merumuskan masalah terkait dengan wacana yang sebelumnya diberikan.

Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data, siswa dibimbing dan diberikan kebebasan untuk mencari dan menemukan jawaban dari permasalahan yang ada. Pada tahap ini siswa dengan arahan guru, mengumpulkan data yang dibutuhkan. Siswa sudah mulai dilatihkan kemampuan spasial, misalnya pada saat siswa memprediksi bentuk suatu molekul dari representasi 2D ke dalam 3D dengan menggunakan bantuan simulasi PhET. Masing-masing siswa dapat menggunakan *gadget* untuk mengakses simulasi PhET.

Tahap berikutnya adalah mengolah data, siswa mengeksplorasi pengetahuan konseptualnya berkaitan dengan bentuk molekul. Siswa dilatihkan kemampuan spasial pada indikator orientasi spasial, relasi spasial dan visualisasi spasial. Indikator dari kemampuan orientasi spasial yaitu siswa mampu menggambarkan suatu molekul dari berbagai sudut pandang yang berbeda baik dalam bentuk 2D maupun 3D, misalnya pada saat siswa menerapkan konsep struktur lewis untuk menentukan bentuk suatu molekul serta memprediksikan bentuk suatu molekul dari representasi 2D ke dalam 3D. Selanjutnya indikator dari relasi spasial yaitu siswa dapat menggambarkan hasil rotasi suatu molekul dalam bentuk 3D dengan searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam dari sumbu putar, misalnya pada saat merotasi suatu molekul 3D baik pada posisi vertikal maupun horizontal siswa dapat memahami susunan objek setelah mengalami rotasi tersebut. Sementara indikator dari visualisasi spasial yaitu siswa dapat menunjukkan aturan perubahan dan perpindahan suatu susunan dari bentuk

molekul baik dari bentuk 3D ke 2D atau sebaliknya dengan kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini dibantu dengan simulasi PhET.

Selanjutnya adalah tahap verifikasi dimana siswa memeriksa kebenaran data yang telah mereka kumpulkan pada tahap-tahap sebelumnya, melalui berbagai kegiatan sehingga nantinya diasosiasikan hingga mencapai suatu kesimpulan. Tahap terakhir adalah menyimpulkan, dimana siswa digiring untuk menghubungkan berbagai informasi yang telah diperoleh dari tahap-tahap yang telah dilakukan selama pembelajaran berlangsung.

2.6 Anggapan Dasar

Penelitian ini mempunyai anggapan dasar sebagai berikut:

1. Kemampuan awal kelompok sampel dianggap sama.
2. Perbedaan *n-gain* kemampuan spasial terjadi karena perbedaan perlakuan pembelajaran, pada kelas eksperimen dan kontrol dimana kelas kontrol menerapkan model *discovery learning* sementara kelas eksperimen menerapkan model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET.
3. Faktor – faktor lain yang mempengaruhi kemampuan spasial pada siswa diabaikan.

2.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pertanyaan dalam rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka hipotesis dari penelitian ini adalah model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial pada materi bentuk molekul.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

Penelitian ini dilakukan di SMAN 1 Mancak Kabupaten Serang Provinsi Banten, populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI IPA SMAN 1 Mancak tahun ajaran 2024/2025 yang terdiri dari 315 siswa dan terbagi dalam delapan kelas. Teknik pemilihan sampel yaitu *cluster random sampling*, sehingga diperoleh XI 2 sebagai kelas kontrol dengan jumlah 30 siswa dan XI 8 sebagai kelas eksperimen dengan jumlah 34 siswa.

3.2 Metode dan Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuasi eksperimen dengan desain penelitian *Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design* (Creswell & Creswell, 2017). Langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Penelitian

	<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
<i>Experiment group</i>	O ₁	X	O ₂
<i>Control group</i>	O ₁	C	O ₂

Keterangan:

X: Perlakuan, model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET

O₁: Pretes yang diberikan sebelum pembelajaran

O₂: Postes yang diberikan setelah pembelajaran

C: Model *discovery learning*

Sebelum pembelajaran, kedua sampel kelas diberikan pretes kemampuan spasial (O_1). Selanjutnya dilakukan pembelajaran dengan model *discovery learning* pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi PhET (X). Pada akhir pembelajaran, sampel diberikan postes kemampuan spasial (O_2) untuk mengetahui pengaruh simulasi PhET terhadap kemampuan spasial siswa.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa variabel. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran yang digunakan, yakni model *discovery learning* pada kelas kontrol dan model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET pada kelas eksperimen. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kemampuan spasial. Sementara itu, variabel kontrol pada penelitian ini adalah materi bentuk molekul.

3.4 Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data berupa hasil tes kemampuan spasial yang diperoleh dari pretes dan postes, serta data keterlaksanaan model *discovery learning*.

3.5 Perangkat Pembelajaran dan Instrumen Penelitian

Perangkat pembelajaran yang digunakan yakni analisis capaian pembelajaran (CP) sesuai dengan standar kurikulum merdeka, modul ajar materi bentuk molekul, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan sintak model *discovery learning*, dan berbantuan simulasi PhET. Sementara itu instrumen penelitian yang digunakan yakni soal pretes postes berupa soal uraian yang mengukur indikator tercapainya kemampuan spasial, yaitu: visualisasi spasial, orientasi spasial dan relasi spasial yang

diadaptasi berdasarkan (Lohman, 2014) serta lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran *discovery* yang diadaptasi dari (Sunyono, 2012).

3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

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

1. Tahap Pendahuluan

- a. Studi literatur
- b. Melakukan wawancara untuk memperoleh informasi berupa kurikulum sekolah, jumlah keseluruhan kelas XI IPA, 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 model pembelajaran yang akan digunakan pada materi bentuk molekul, yaitu dengan menggunakan model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET.
- d. Menentukan populasi dan sampel penelitian
- e. Mempersiapkan dan membuat perangkat maupun instrumen penelitian yang akan digunakan seperti analisis capaian pembelajran (CP) sesuai dengan standar kurikulum merdeka, modul ajar materi bentuk molekul, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbantuan *discovery learning* dan simulasi PhET. Sementara itu instrumen penilaian yang digunakan yakni soal pretes-postes, lembar observasi keterlaksanaan model *discovery learning* dan mempersiapkan media pembelajaran berbantuan simulasi menggunakan simulasi PhET bagian *molecule shapes*.

2. Tahap Pelaksanaan Penelitian

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

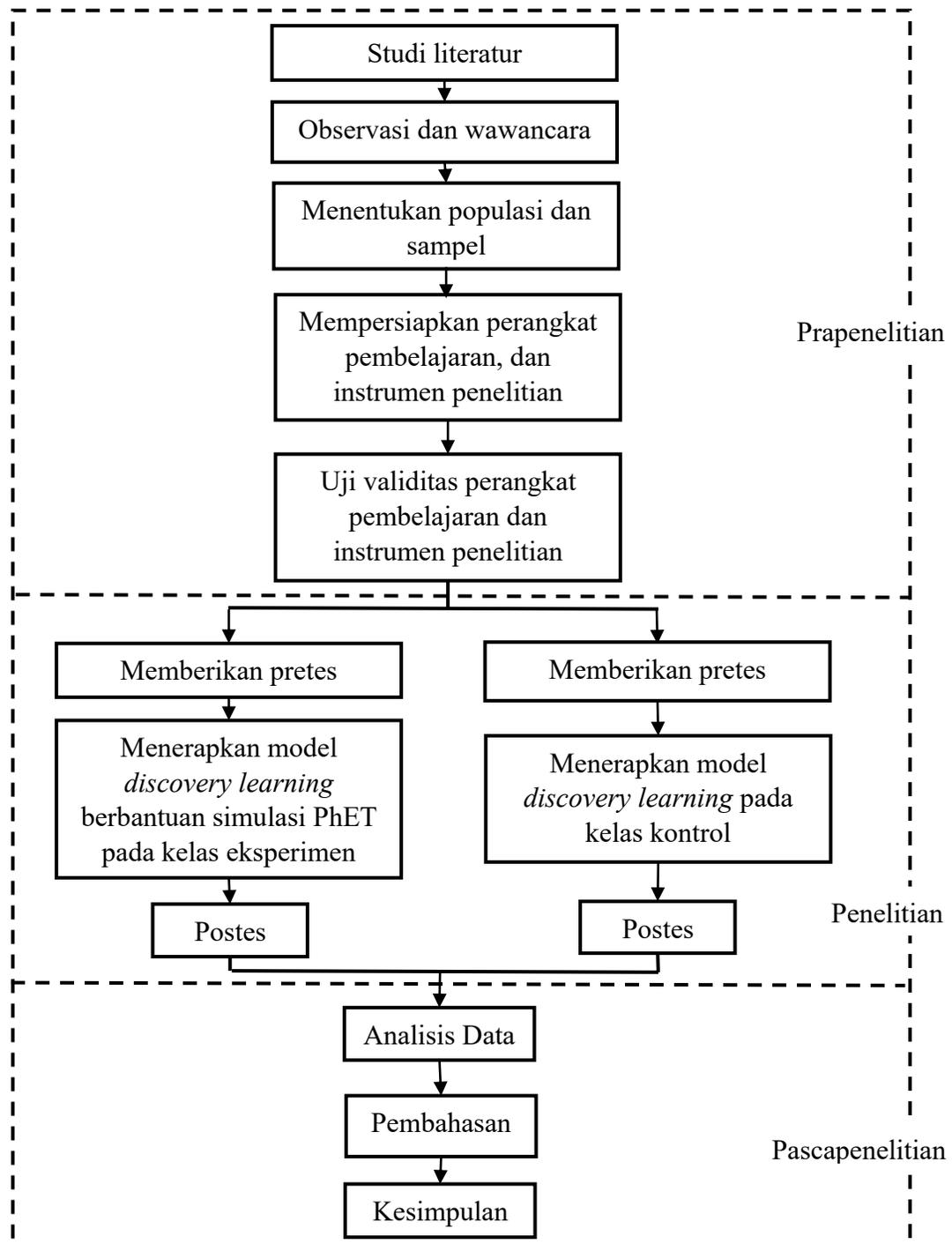
- a. Memberikan pretes dengan soal-soal yang sama pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pretes tersebut kemudian dikerjakan oleh siswa untuk mengetahui kemampuan spasial awal siswa.
- b. Melaksanakan kegiatan belajar mengajar pada materi bentuk molekul sesuai model yang telah ditetapkan, yaitu model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET pada kelas eksperimen serta melibatkan seluruh siswa untuk mengakses simulasi PhET di gadget masing-masing secara berkelompok dan model *discovery learning* pada kelas kontrol.
- c. Melakukan pengamatan/penilaian terhadap keterlaksanaan model *discovery learning* selama pembelajaran berlangsung.
- d. Memberikan postes dengan soal-soal yang sama pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui peningkatan kemampuan spasial siswa dan mengukur efektivitas model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa.

3. Tahap Akhir Penelitian

Prosedur tahap akhir penelitian adalah sebagai berikut:

1. Analisis data
2. Pembahasan
3. Kesimpulan

Langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Alur Penelitian

3.7 Teknik Analisis Data

1. Analisis Validitas

Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat-tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen tes (Arikunto, 2006). Untuk itu, perlu dilakukan pengujian terhadap instrumen yang akan digunakan. Pengujian instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah validitas isi dengan metode *judgement*. Dalam hal ini dilakukan oleh dosen pembimbing untuk memvalidasinya. Pengujian ini dilakukan dengan menelaah kisi-kisi, terutama kesesuaian antara tujuan penelitian, tujuan pengukuran, indikator, dan butir-butir per-tanyaan sehingga, instrumen dianggap valid untuk digunakan dalam mengumpul-kan data sesuai kepentingan penelitian.

2. Analisis Data Kemampuan Spasial Siswa

Tingkat kemampuan spasial siswa ditentukan berdasarkan tes uraian yang diberikan kepada siswa. Data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis dengan cara:

a. Perhitungan Nilai Siswa

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai siswa adalah sebagai berikut:

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

Nilai siswa juga dianalisis dengan menggunakan *n-gain* yang selanjutnya akan digunakan uji perbedaan dua rata-rata.

b. Perhitungan *n-gain*

Kemampuan spasial ditunjukkan oleh nilai yang diperoleh siswa dalam tes (pretes dan postes). Peningkatan kemampuan spasial ditunjukkan melalui *n-gain*, yaitu selisih antara nilai postes dan pretes. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *n-gain* yaitu sebagai berikut:

$$n\text{-gain} = \frac{\% \text{ nilai postes} - \% \text{ nilai pretes}}{100 - \% \text{ nilai pretes}} \quad (\text{Hake, 1998})$$

Setelah diperoleh *n-gain* dari tiap siswa kemudian dihitung rata-ratanya dari tiap kelas. Besarnya *n-gain* rata-rata siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol dihitung dengan rumus berikut:

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

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

Tabel 3. Klasifikasi *n-gain*

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

3. Uji Prasyarat

Uji prasyarat yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan program *SPSS statistics 25.0*.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dari kedua kelas sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak (Arikunto, 2006). Pengujian normalitas ini dilakukan dengan menggunakan *SPSS statistics 25.0*, yaitu menggunakan Uji *Kolmogorov Smirnov*. Kriteria ujinya yaitu terima H_0 jika nilai Sig. $> 0,05$ dan tolak H_0 jika nilai Sig. $< 0,05$. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel penelitian berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

c. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui varians populasi bersifat homogen atau tidak berdasarkan data sampel yang didapatkan. Uji homogenitas sampel dilakukan menggunakan program *SPSS statistics 25.0*. Kriteria ujinya yaitu terima H_0 jika nilai Sig. > 0,05 dan tolak H_0 jika nilai Sig. < 0,05. Dengan hipotesis untuk uji homogenitas:

H_0 : sampel penelitian mempunyai varians yang homogen

H_1 : sampel penelitian mempunyai varians yang tidak homogen

4. Uji Perbedaan Dua Rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata digunakan untuk menentukan seberapa efektif perlakuan terhadap sampel, dengan melihat rata-rata *n-gain* kemampuan spasial siswa yang diterapkan antara model *discovery learning* berbantuan simulasi PhET pada kelas eksperimen dengan model pembelajaran tanpa simulasi PhET pada kelas kontrol. Untuk data yang terdistribusi normal dan varians homogen, maka uji perbedaan dua rata-rata dihitung menggunakan uji *Independent Sample T-Test*. Sementara itu, apabila data tidak berdistribusi normal namun varians homogen, maka uji perbedaan dua rata-rata dihitung dengan menggunakan uji *Mann Whitney U*. dengan kriteria uji terima H_0 jika nilai *Asymp.sig (2-tailed)* > 0,05 dan tolak H_0 jika nilai *Asymp.sig (2-tailed)* < 0,05 (Sudjana, 2005). Adapun rumusan hipotesis pada uji ini adalah:

H_0 : $\mu A_{1x} \leq \mu A_{2x}$: rata-rata *n-gain* kemampuan spasial siswa di kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata *n-gain* kemampuan spasial di kelas kontrol pada materi bentuk molekul.

H_1 : $\mu A_{1x} > \mu A_{2x}$: rata-rata *n-gain* kemampuan spasial siswa di kelas eksperimen lebih tinggi dari rata-rata *n-gain* kemampuan spasial siswa di kelas kontrol pada materi bentuk molekul.

Keterangan:

μA_1 : rata-rata *n-gain* kemampuan spasial pada kelas eksperimen

μA_2 : rata-rata *n-gain* kemampuan spasial pada kelas kontrol

Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan uji *Mann Whitney U* karena salah satu *n-gain* kelas penelitian tidak berdistribusi normal. Kriteria pengujian hipotesis yaitu terima H_1 karena nilai *sig.* < 0,05.

5. Keterlaksanaan Pembelajaran Model *Discovery Learning*

Kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran menggunakan model pembelajaran *discovery* berbantuan simulasi PhET dapat dianalisis dengan menghitung jumlah skor yang diberikan oleh observer untuk setiap aspek pengamatan, dengan rumus:

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

Keterangan:

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

ΣJi : Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh observer pada pertemuan ke-i

N : Skor maksimal (skor ideal)

Menafsirkan harga persentase kemampuan guru dengan kriteria menurut (Sunyono 2012) berikut:

Tabel 4. Kriteria Pengklasifikasian Kemampuan Guru

Besarnya $\%Ji$	Interpretasi
$80,1\% < \%Ji \leq 100,0$	Sangat Tinggi
$60,1 < \%Ji \leq 80,0$	Tinggi
$40,1\% < \%Ji \leq 60,0$	Sedang
$20,1 < \%Ji \leq 40,0$	Rendah
$0,0\% < \% Ji \leq 20,0$	Sangat Rendah

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, ditarik kesimpulan bahwa model *discovery learning* berbantu simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa. Hal ini dapat ditunjukkan dengan:

1. Rata-rata *n-gain* kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol dan termasuk dalam kategori sedang dan memiliki perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol.
2. Persentase rata-rata keterlaksanaan pembelajaran *discovery* berbantu simulasi PhET sebesar 84,58% yang berada pada kategori tinggi.

5.2 Saran

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

1. Mengenalkan penerapan model *discovery learning* lebih dulu agar siswa mulai biasa sehingga penggunaan waktu pembelajaran lebih efektif.
2. Dalam mengimplementasikan model *discovery learning* berbantu simulasi PhET, hendaknya guru dapat melengkapi dan meluruskan apa yang kurang dan belum tepat terkait konsep yang ada pada simulasi PhET.
3. Perlu dilakukan demonstrasi penggunaan simulasi PhET untuk memberikan penjelasan lebih kepada siswa sehingga meminimalisir pertanyaan sama yang berulang.
4. Terdapat banyak materi yang dapat diakses pada simulasi PhET, yang dapat dimanfaatkan calon peneliti lain yang tertarik melakukan penelitian mengenai kemampuan spasial dan kaitannya dengan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, A., Wigati, I., & Sholeh, M. I. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbantuan Phet Simulations pada Materi Asam Basa. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Kimia* (Vol. 1, No. 1, pp. 232-240).
- Anshori, A. F. J., Priyasmika, R., & Purwanto, K. K. (2021). Hubungan kecerdasan spasial-visual dan prestasi belajar pada materi bentuk molekul. *Karangan: Jurnal Bidang Kependidikan, Pembelajaran, dan Pengembangan*, 3(2), 102-107.
- Apecawati, L. D., Sahputra, R., & Hadi, L. (2015). Hubungan Kecerdasan Visual-Spasial dengan Kemampuan Menggambarkan Bentuk Molekul Pada Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 7(1).
- Bicknell-Holmes, T. & Hoffman, P. S. (2000). Elicit, engage, experience, explore: Discovery learning in library instruction. *Reference Service Review*. 28(4), 313-322.
- Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J., & Stevens, K. (2018). Augmented reality chemistry: transforming 2-D molecular representations into interactive 3-D structures. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*, 2(1):5–11. <https://doi.org/10.20429/stem.2018.020103>.
- Bell, F. H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics (in Secondary Schools)*. Win C. Brown Company Publisher, USA. 562 hlm.
- Brown, C. E., Alrmuny, D., Williams, M. K., Whaley, B., & Hyslop, R. M. (2021). Visualizing molecular structures and shapes: A comparison of virtual reality,

computer simulation, and traditional modeling. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 69-80.

Budiningsih, Asri. (2005). *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.

Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the subject is difficult?. *Educación química*, 23, 305-310.

Correia, A. P., Koehler, N., Thompson, A., & Phye, G. (2019). 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., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Dwiningsih, K., Fajaroh, F., Parlan, P., Munzil, M., & Habiddin, H. (2022). 3D Molecular Interactive Multimedia for Building Chemistry Students' Spatial Ability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(14), 253-262.

Effendi, R., Salsabila, H., & Malik, A. (2018). Pemahaman tentang lingkungan berkelanjutan. *Modul*, 18(2), 75-82.

Elisa, Mardiyah, A., Ariaaji, R., (2017). Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika dan Aktivitas Mahasiswa Melalui Simulasi PHET. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas dan Pengembangan Pembelajaran*. FKIP Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan. p-ISSN: 2599-1914, e-ISSN: 2599-1132 1, (1), 15-20.

Fajri, H. N., Johar, R., & Ikhsan, M. (2016). Peningkatan kemampuan spasial dan self-efficacy siswa melalui model discovery learning berbantuan multimedia. *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, 9(2), 180-196.

Fazria, N. (2020). *Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan PhET terhadap Keterampilan Generik Sains Siswa pada Konsep Fluida*

Dinamis (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA).

Ferguson C., Ball A., McDaniel W. and Anderson R., (2008), *A comparison of instructional methods for improving the spatial visualization ability of freshman technology seminar students*. IAJC-IJME International Conference, ISBN 978-1-60643-379-9.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research In Education Eighth Edition*. The McGraw-Hill Companies. New York.

Gardner, Howard and Thomas Hatch. (1989). Education Implications of the Theory of Multiple Intelligences. *Journal Educational Researcher Journal*, Vol 18, 4-10.

Gilbert, J.K. (2005). *Visualization in Science Education*. Dordrecht, Netherlands: Springe.

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.

Harle, M., & Towns, M. (2011). A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. *Journal of Chemical Education*, 88, 351–360.

Hosnan, M. (2014). *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.

Hurrahman, M., Erlina, E., Melati, HA, Enawaty, E., & Sartika, RP. (2022). Pengembangan e-modul berbasis multiple representasi dengan bantuan teknologi augmented reality untuk pembelajaran materi bentuk molekul. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 10(11), 89-114.

- Ibnu, S. (2017). The influence of students' inquiry learning and spatial ability toward molecular shape topic. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(2):64–71.
- Joolingen, W. R. Van (1998). Cognitive tools for discovery learning. *International journal of artificial intelligence in education* 10 (1998): 385-397.
- Kiernan, N.A., Manches, A., & Seery, M.K. (2021). The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3):626–639.
- Koomson, C. K., Safo-Adu, G., & Antwi, S. (2020). Utilising computer simulation and computerised molecular modeling software to enhance the teaching and learning of hybridisation in senior high schools. *International Journal of Chemistry Education*, 4(1), 044-055.
- Kozma, R. (2003), The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and instruction*, 13(2), 205-226.
- Kozma, R. & Russell J., (2006), Students becoming chemists: developing representational competence. In J.K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*, Netherlands: Springer, pp. 121-146.
- Liu, X. (2005). Using simulation to improve spatial visualization skills. *Journal of Educational Computing Research*, 33(2), 149-163.
- Lohman, D. F. (2014). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 181-248). Psychology Press.
- Mihindo, W.J., Wachanga, S.W. & Anditi, Z.O. (2017). Effects of computer based simulations teaching approach on students' achievement in the learning of Chemistry among secondary school students in Nakuru sub country, Kenya. *Journal of education and practice*, 8 (5), 65 – 75.

- Mursid, R. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Berbantuan Konstruktivistik dan Kemampuan Spatial Visualization Terhadap Kompetensi Menggambar Proyeksi Orthogonal. *JPT-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 18(3), 215-229.
- Mohler J., (2008), The impact of visualization methodology on spatial problem solutions among high and low visual achievers, *J. Industrial Tech.*, 24(1), 2-9.
- Nkemakolam, O.E., Chinelo, O.F. & Jane, M.C. (2018). Effect of computer simulations on secondary schools' academic achievement in Chemistry in Anambra State. *Journal of Education and Training*, 4 (4), 284 – 289.
- Pratiwi, F., Silitonga, H. T. M., & Karolina, V. (2023). Pengaruh Media Pembelajaran Phet Simulation Terhadap Hasil Belajar Kelas X Pada Materi Geometri Molekul. *Journal on Education*, 6(1), 9593-9602.
- Rahmawati, Y., Dianhar, H., & Arifin, F. (2021). Analysing student's spatial abilities in chemistry learning using 3D virtual representation. *Education Sciences*, 11 (4), 185.
- Sasmita, P. R., Hartoyo, Z., & Sutrisna, N. (2023). Pengaruh Media Simulasi Interaktif PhET Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *JURNAL ILMIAH WAHANA PENDIDIKAN*, 9(3), 1–8.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7611953>.
- Setyarini, M., Liliyasi, L., Kadarohman, A., & Martoprawiro, M. A. (2017). Efektivitas Pembelajaran Stereokimia Berbantuan Visualisasi 3d Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 36(1), 91-101.
- Stiawan, E., Basuki, R., Liliyasi, L., & Rohman, I. (2022). Enhancement of Indonesian High School Student Conceptual Mastery on VSEPR Topic Using Virtual Simulation of Molecule Shapes: A Case Study of Quasi-Experimental Evidence. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 511-518.
- Stieff, M., & Wilensky, U. (2003). Connected chemistry-incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12, 285-302.

- Stieff, M., Ryu, M., Dixon, B., Hegarty, M. (2012). "The Role of Spatial Ability and Strategy Preference for Spatial Ability for Spatial Problem Solving in Organic Chemistry". *Journal of Chemical Education*, 89, 854- 859.
- Subiki, S., Hamidy, A. N., Istighfarini, E. T., Suharsono, F. Y. H., & Putri, S. F. D. (2022). Pengaruh Media Pembelajaran Phet Simulation Terhadap Hasil Belajar Siswa Sma Negeri Plus Sukowono Materi Usaha Dan Energi Tahun Pelajaran 2021/2022. *JURNAL KAJIAN, INOVASI DAN APLIKASI PENDIDIKAN FISIKA*, 8(2), 200. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.9586>.
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Tarsito, Bandung. 508 hlm.
- Sunyono. (2012) *.Buku Model Pembelajaran Berbantuan Multiple Representasi (Model SiMayang)*. Aura Printing And Publishing, Bandung.
- Supriyatna. (2018). Pengembangan Model Pembelajaran Kimia dengan Simulasi. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 123-136.
- Sorby, S. (2009), Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students, *Int. J. Sci. Educ.*, 31(3), 459-480.
- Taber, K. (2002). *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry. ISBN 085404390X.
- Terlecki M., Newcome N. & Little M., (2008), Durable and generalized effects of spatial experience on mental rotation: gender differences in growth patterns. *Appl. Cog. Psych.*, 22, 996-1013.
- Warsiki, A. A. P. (2023). PhET Interactive Simulations Berbantuan Inquiry Terbimbing Untuk Meningkatkan Aktifitas dan Hasil Belajar Kimia Pada Materi Asam Basa. *Indonesian Journal of Instruction*, 4(2), 133-140.

Yang, E. M., Andre, T., & Greenbowe, T. J. (2003). Spatial ability and the impact of visualization and animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.

Yilmaz, H. B. (2009). On the development and measurement of spatial ability. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(2), 83-96.

Zulfahmi, Z., Wiji, W., & Mulyani, S. (2021). Development of intertextual based learning strategy using visualization model to improve spatial ability on molecular geometry concept. *Chimica Didactica Acta*, 9(1), 8-16.