

**EFEKTIVITAS MODEL *FLIPPED CLASSROOM* BERBANTUAN
VISUALISASI MOLEKUL 3D PADA MATERI HIDROKARBON
UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI
REPRESENTASI KIMIA**

Skripsi

Oleh

**VENI ALPIONA
NPM 2013023009**



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

**EFEKTIVITAS MODEL *FLIPPED CLASSROOM* BERBANTUAN
VISUALISASI MOLEKUL 3D PADA MATERI HIDROKARBON
UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI
REPRESENTASI KIMIA**

Oleh

VENI ALPIONA

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**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS MODEL *FLIPPED CLASSROOM* BERBANTUAN VISUALISASI MOLEKUL 3D PADA MATERI HIDROKARBON UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI REPRESENTASI KIMIA

Oleh

Veni Alpiona

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon dalam meningkatkan kompetensi representasi kimia siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah *quasi-experimental* dengan *non equivalent control group design*. Populasi dalam penelitian ini yaitu seluruh siswa kelas XII IPA SMAN 12 Bandar Lampung Tahun Ajaran 2024/2025. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga terpilih kelas XII K.P 2.2 sebagai kelas kontrol, dan kelas XII K.P 2.3 sebagai kelas eksperimen. Pada kelas kontrol diterapkan pembelajaran konvensional, dan pada kelas eksperimen diterapkan model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro*. Teknik analisis data yang digunakan adalah uji perbedaan dua rata-rata dengan uji *independent sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *n-gain* kompetensi representasi kimia bernilai 0,62 berkriteria sedang di kelas eksperimen, dan terdapat perbedaan *n-gain* rata-rata lebih tinggi secara signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan rata-rata *n-gain* kelas kontrol. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon efektif dalam meningkatkan kompetensi representasi kimia siswa.

Kata kunci: *flipped classroom*, visualisasi molekul 3D, *software Avogadro*, kompetensi representasi, hidrokarbon

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF THE FLIPPED CLASSROOM MODEL ASSISTED BY 3D MOLECULAR VISUALIZATION ON HYDROCARBON MATERIAL TO IMPROVE REPRESENTATION COMPETENCE

By

Veni Alpiona

This study aims to describe the effectiveness of a flipped-classroom model, supported by 3D molecular visualization, on the topic of hydrocarbons in improving students' chemical representation competence. The research employed a quasi-experimental design with a non-equivalent control group. The population consisted of all 12th-grade science students at SMAN 12 Bandar Lampung during the 2024/2025 academic year. Using purposive sampling, class XII K.P 2.2 was selected as the control group, while class XII K.P 2.3 served as the experimental group. The control group received conventional instruction, whereas the experimental group experienced flipped-classroom instruction enhanced with 3D molecular visualization using the Avogadro software. Data were analyzed using an independent-samples t-test to compare mean scores. The results showed that the average normalized gain (n-gain) for chemical representation competence in the experimental group was 0.62, categorized as moderate. Additionally, the experimental group exhibited a significantly higher average n-gain compared to the control group. Based on these findings, it can be concluded that the flipped-classroom model, supported by 3D molecular visualization on hydrocarbon material, is effective in improving students' chemical representation competence.

Kata kunci: flipped classroom, 3D molecular visualization, Avogadro software, representation competence, hydrocarbons.

Judul Skripsi

: **EFEKTIVITAS MODEL *FLIPPED CLASSROOM* BERBANTUAN VISUALISASI MOLEKUL 3D PADA MATERI HIDROKARBON UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI REPRESENTASI KIMIA**

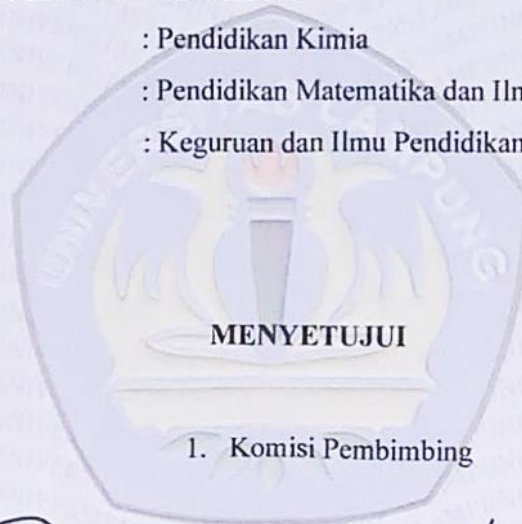
Nama Mahasiswa : **Oeni Aspiona**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023009

Program Studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



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

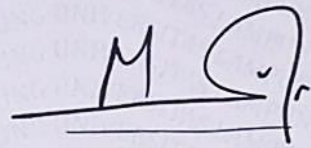
Dr. Nurhanurwati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

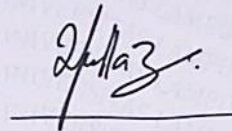
Ketua

: Dr. M. Setyarini, M.Si.



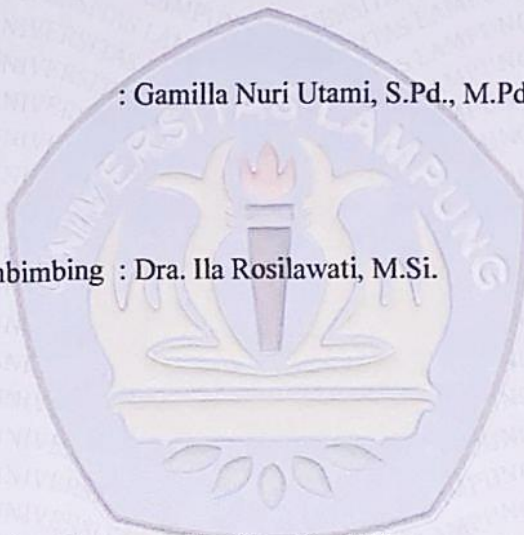
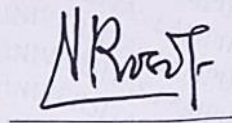
Sekretaris

: 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: 18 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Veni Alpiona
NPM : 2013023009
Program Studi : Pendidikan Kimia
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Judul Skripsi : Efektivitas Model *Flipped Classroom* Berbantuan
Visualisasi Molekul 3D pada Materi Hidrokarbon untuk
Meningkatkan Kompetensi Representasi Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di suatu perguruan tinggi, dan saya bertanggung jawab secara akademis atas apa yang telah saya tulis.

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

Bandarlampung, 30 Juni 2025
Yang membuat pernyataan



Veni Alpiona
NPM 2013023009

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Kab. Lampung Utara pada tanggal 30 Agustus 2002, sebagai anak kelima dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Mirza Sofian dan Ibu Yuli Siska. Pendidikan formal diawali pada tahun 2008 di SD Negeri 4 Tanjung Aman dan diselesaikan pada tahun 2014, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kotabumi diselesaikan pada tahun 2017, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Kotabumi dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa pernah terdaftar dalam organisasi internal kampus yaitu Forum Silahturahim Mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP Unila.

Pada tahun 2024 melaksanakan program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SMPN 3 Jati Agung, Lampung Selatan yang terintegrasi dengan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karang Anyar, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah *robbil 'alamin*, dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW , atas segala rahmat dan karunia-Nya yang tak pernah berhenti sehingga karya tulis ini dapat terselesaikan.

Dengan segala ketulusan saya persembahkan tulisan ini untuk orang-orang yang saya cintai sebagai ungkapan terima kasih dan rasa sayangku, kepada:

Orang tuaku tercinta Ibu Yuli Siska dan Bapak Mirza Sofian, S.Sos

Terimakasih selalu menjadi sumber kekuatanku, yang selalu mengiringi langkah hidupku dengan doa, cinta, kasih sayang serta dukungan dan pengorbanan yang tiada henti. Segala pencapaian ini tak lepas dari peran dan kasih kalian yang luar biasa.

Kelima Saudara Kandungku Liza Prensilia, Vina Sintia, Mutia Viska, Rangga Aryanza, dan Fianka Putri Livira

Terimakasih selalu mendoakan dan mendukung dalam setiap langkahku.

Rekan, Sahabat, dan Almamaterku, Universitas Lampung

MOTTO

“It’s always seems impossible until it’s done”

(Nelson Mandela)

“Not everything that is faced can be changed, but nothing can be changed until it is faced”

(James Baldwin)

“Remember the day you thought you couldn’t do it and you did. It passed, and it will always pass. The bad, the good, it’ll all pass”

(Veni Alpiona)

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai hambatan dan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, namun dengan adanya dukungan, bantuan, bimbingan dari berbagai pihak skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Nurhanurawati, M. Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
3. Ibu Dr. M. Setyarini, M. Si., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia sekaligus pembimbing I atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Gamilla Nuri Utami, S. Pd., M. Pd. selaku dosen pembimbing II atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dra. Ila Rosilawati, M. Si., selaku pembahas yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam proses penyelesaian skripsi ini
6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan seluruh staf Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Lampung, atas ilmu yang telah diberikan

7. Kepala sekolah SMA Negeri 12 Bandar Lampung yang telah memberikan izin untuk melaksanakan Penelitian serta Ibu Safitri Agustina, S.T., M.Pd. atas bantuan dan kerjasamanya selama melakukan penelitian di SMA Negeri 12 Bandar Lampung.
8. Sahabatku tersayang, Dwi Sulis Tama , Agta Nissa Aulia, Anfasa Rizga Aprilia terimakasih untuk setia mendampingi, memberikan dukungan, menghibur serta merangkul dan memberikan bantuan disaat ada kesulitan.
9. Teman-temanku, Syukri, Dhiya dan Nanda, Hafsah, Utari, Tia Dewi, Indri, Kartika, Anggi, terimakasih atas kebersamaan, bantuan, dan canda tawa selama berkuliah di Pendidikan Kimia
10. Teman-teman seperjuangan skripsiku, Nengah, Haya, Andhea, Dinda terimakasih atas bantuan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
11. Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Bandarlampung, 30 Juni 2025

Penulis

Veni Alpiona

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Peneltian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	1
2.1 Representasi Kimia.....	1
2.2 Kompetensi Representasi	10
2.3 Visualisasi Molekul 3D Dalam Pembelajaran	11
2.4 <i>Software Avogadro</i>	12
2.5 <i>Flipped Classroom</i>	18
2.6 Penelitian Yang Relevan	21
2.7 Anggapan Dasar	22
2.8 Kerangka Pemikiran	23
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.2 Metode dan Desain Penelitian	26
3.3 Variabel Penelitian.....	27
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	27
3.5 Perangkat Pembelajaran	28
3.6 Instrumen Penelitian	28

3.7	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	29
3.8	Analisis Data	31
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Hasil Penelitian.....	37
4.1.1	Data hasil <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kemampuan interpretasi makna representasi siswa	37
4.1.2	Data rata-rata <i>n-gain</i> kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa	38
4.1.3	Data hasil <i>n-gain</i> tiap indikator kemampuan interpretasi makna representasi kimia	39
4.1.4	Data aktivitas siswa	40
4.1.5	Pengujian Hipotesis	42
4.2	Pembahasan	44
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1	Simpulan.....	58
5.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA.....	61
	LAMPIRAN.....	66
1.	Modul Ajar.....	67
2.	Penggunaan <i>Software Avogadro</i>	88
3.	Lembar Kerja Peserta Didik	98
4.	Kisi – Kisi Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	186
5.	Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	190
6.	Rubrik Penilaian <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	196
7.	Lembar Pengamatan Aktivitas Peserta Didik	206
8.	Data hasil <i>pretest-posttest</i> siswa	211
9.	Hasil uji SPSS.....	216
10.	Dokumentasi pembelajaran <i>pre-class</i> dan <i>in-class</i>	217
11.	Surat izin penelitian	219

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa <i>tool</i> pada <i>Software Avogadro</i> beserta fungsinya	13
2. Penelitian yang relevan	22
3. Desain penelitian <i>pretest-posttest control group design</i>	26
4. Klasifikasi <i>n-gain</i>	34
5. Kriteria aktivitas peserta didik	34
6. Hasil uji normalitas	42
7. Hasil uji homogenitas	43
8. Hasil uji perbedaan dua rata-rata	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga level representasi kimia menurut Johnstone (1991)	9
2. Tampilan <i>Software Avogadro</i>	13
3. Visualiasasi molekul 3D untuk propana menggunakan <i>Software Avogadro</i> ..	15
4. Jendela sifat molekul.....	15
5. Jendela sifat atom.....	16
6. Jendela sifat ikatan	17
7. Jendela sifat sudut ikatan	18
8. Prosedur pelaksanaan penelitian	32
9. Rata-rata skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada kelas kontrol dan eksperimen	37
10. Rata-rata <i>n-gain</i> pada kelas kontrol dan eksperimen	38
11. Data hasil rata-rata <i>n-gain</i> tiap indikator kemampuan interperetasi makna representasi kimia	39
12. Presentase rata-rata aktivitas peserta didik seluruh pertemuan pada kelas eksperimen	40
13. Presentase aktivitas peserta didik berdasarkan aspek yang diamati pada setiap pertemuan	41
14. LKPD bagian mengamati.....	47
15. Forum diskusi pertemuan 1	48
16. Forum diskusi pertemuan 2.....	48
17. Forum diskusi pertemuan 3	49
18. Tabel mengumpulkan informasi LKPD 1	50
19. Tabel mengumpulkan informasi LKPD 2	51
20. Tabel mengumpulkan informasi LKPD 3	52
21. Kegiatan siswa pada tahap <i>pre-class</i>	53

22. Tahap mengasosiasi LKPD 1	54
23. Tahap mengasosiasi LKPD 2	55
24. Tahap mengasosiasi LKPD 3	55
25. Jawaban <i>posttest</i> siswa nomor 1	56
26. Jawaban <i>posttest</i> siswa nomor 5c.....	56
27. Jawaban <i>posttest</i> siswa nomor 2, 3a, 3b, 4, 5a, 5b.....	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran representasi dan teknologi visualisasi sangat penting dalam membantu siswa memahami kimia, visualisasi dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang fenomena ilmiah dengan memberikan representasi yang jelas mengenai konsep-konsep yang abstrak, dan memungkinkan siswa untuk melihat dan memahami hubungan antara berbagai tingkat representasi kimia (Arsani, 2009). Hal ini sejalan dengan karakteristik Ilmu Kimia yang memiliki tiga level representasi, yang meliputi level makroskopik, level submikroskopik dan level simbolik (Gilbert *and* Treagust, 2009). Representasi level makroskopik sendiri mengacu pada cara memahami kimia melalui pengamatan langsung pada fenomena yang dapat dilihat maupun dirasakan oleh indera kita, sedangkan representasi level submikroskopik mengacu pada penjelasan tentang struktur dan proses yang terjadi pada tingkat partikel baik atom, molekul dan ion. Level representasi yang ketiga yaitu, level simbolik. Level ini mencakup penggambaran konsep kimia secara kualitatif dan kuantitatif, yang termasuk rumus kimia diagram, gambar, persamaan reaksi, serta perhitungan stoikiometri dan matematik (Chittleborough *and* Treagust, 2007; Chandrasegaran *et al.*, 2007).

Representasi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari sains sehingga digunakan oleh ilmuwan untuk menjelaskan fenomena alam (Nurhayati dkk., 2017). Pemahaman ketiga representasi kimia dibutuhkan dalam pembelajaran. Hal ini karena ilmu kimia berhubungan dengan perubahan yang bisa diamati oleh indera kita, pada fenomena makroskopik tersebut terdapat interaksi partikel dari

molekul atom atau ion yang tidak mampu dilihat oleh indera yaitu level submikroskopik interaksi tersebut menjelaskan bagaimana fenomena makroskopik dapat terjadi, dan perubahan level submikroskopik tersebut bisa digambarkan dalam bentuk level simbolik berupa simbol, rumus, persamaan kimia dan lain-lain yang digunakan untuk mewakili zat (Sinaga dkk., 2023). Hal ini menjadi penyebab pentingnya pemahaman pada ketiga level representasi kimia tersebut, apabila guru hanya menggunakan level makroskopik dan simbolik pada pembelajaran, siswa akan mengalami kesulitan mengembangkan pemahaman mereka, karena berbagai fenomena kimia timbul disebabkan adanya interaksi berbagai partikel pada tingkatan/level submikroskopik (Zidny dkk., 2015).

Sebagaimana diuraikan oleh Kozma *and* Russel (2005) kemampuan siswa dalam menafsirkan, memvisualisasikan, dan menghubungkan beberapa representasi disebut sebagai kompetensi representasional. Salah satu inti dari kompetensi representasional yang diteliti pada penelitian ini yaitu kemampuan dalam menginterpretasi makna suatu representasi kimia, dimana keberhasilan dalam kemampuan tersebut tercapai apabila siswa mampu menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur-fitur representasi dan pola fitur representasi. Pada dasarnya menginterpretasikan makna dari representasi adalah praktik inti dan paling penting dalam pembelajaran kimia (Michalchik *et al*, 2018).

Salah satu materi dalam pelajaran kimia yang menjadi dasar untuk memahami konsep-konsep lainnya dan memerlukan representasi adalah hidrokarbon. Pada fase F dalam Kurikulum Merdeka, Capaian Pembelajaran (CP) mengarahkan peserta didik untuk mampu mengamati, mempertanyakan atau memprediksi, merencanakan dan memilih metode yang sesuai, memproses serta menganalisis data dan informasi, melakukan evaluasi dan refleksi, serta mengomunikasikan hasil. Untuk mencapai capaian tersebut, materi hidrokarbon diajarkan sebagai bagian dari pembelajaran kimia di kelas XII. Materi hidrokarbon berperan penting dalam membentuk dasar pemahaman siswa terhadap struktur dan sifat senyawa karbon, jika siswa tidak dapat menguasai konsep hidrokarbon dengan baik, maka siswa akan mengalami kesulitan untuk mempelajari materi selanjutnya yang berhubungan dengan hidrokarbon.

Materi hidrokarbon memiliki beberapa karakteristik yang dianggap sebagai alasan utama dari kurangnya minat siswa untuk mempelajarinya dan dianggap sulit untuk dipelajari. Materi ini terdiri dari banyak fakta dan istilah yang rumit dan beragam, sehingga siswa harus benar-benar memahami informasi dengan baik. Selain itu, sebagian besar istilah-istilah yang ditemukan pada materi hidrokarbon biasanya adalah nama-nama senyawa yang asing dan jarang ditemukan siswa dalam kehidupan sehari-hari. Kedua, karena materi hidrokarbon cukup kompleks dan padat, maka porsi waktu yang dipergunakan untuk bisa mengajarkan dengan baik jauh lebih lama dari biasanya (Pratiwi dkk., 2013).

Kesulitan dalam pembelajaran hidrokarbon seringkali disebabkan karena model pembelajaran yang digunakan cenderung bergantung dengan model konvensional dengan metode ceramah. Oleh karena itu, banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam mempelajari materi ini, seringkali juga kurang minat siswa dalam pembelajaran adalah karena media pembelajaran yang digunakan oleh guru kurang menarik, sehingga siswa mudah merasa bosan. Guru yang cenderung hanya melibatkan level representasi makroskopik, simbolik dan tidak melibatkan representasi level submikroskopik, padahal level submikroskopik dapat menjadi tumpuan level yang lain agar dapat memahami ilmu kimia secara utuh dan mendalam (Prasetya dkk., 2017). Materi hidrokarbon ini juga perlu penekanan pada level submikroskopik (Kristin dkk., 2019), level submikroskopik yang banyak belum digunakan ini menyebabkan siswa kesulitan untuk menghubungkan ketiga level representasi tersebut, sehingga pemahaman konsep kimia yang abstrak sulit untuk dipahami oleh siswa (Dori dan Hameiri, 2003).

Berdasarkan wawancara dengan guru mata pelajaran kimia dan siswa yang dilakukan di SMA Negeri 1 Anak Tuha Lampung Tengah dan SMA Negeri 12 Bandar Lampung, diperoleh informasi bahwa pada pembelajaran hidrokarbon guru belum melatih dan mengukur kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. Model pembelajaran yang digunakan guru masih konvensional dengan metode ceramah, dan juga media pembelajaran yang digunakan masih berupa gambar 2D dan molimod. Guru belum pernah menggunakan media dengan memanfaatkan teknologi yang dapat memvisualisasikan bentuk molekul senyawa

hidrokarbon pada tingkat submikroskopik, sehingga siswa sulit untuk melihat visualisasi senyawa hidrokarbon tersebut secara 3D agar memahami materi hidrokarbon lebih lanjut. Menurut Setyarini dkk., (2017) gambar 2D dan molimod tidak mampu menampilkan perbedaan dari panjang ikatan serta ukuran antar atom yang sebenarnya sehingga rentan terjadi miskonsepsi.

Berdasarkan uraian di atas, upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kompetensi representasi yaitu dengan penggunaan visualisasi molekuler dalam pembelajaran. Menurut McCormick (1988) bahwa penggunaan visualisasi dalam pembelajaran dapat meningkatkan kompetensi representasional siswa. Visualisasi 3D dalam pembelajaran kimia dapat membantu siswa untuk memahami konsep-konsep kimia yang kompleks dan abstrak. Visualisasi 3D membantu siswa untuk dapat merepresentasikan aspek-aspek fenomena kimia, yang sebagian besar tidak dapat dilihat seperti struktur molekul dan interaksi partikel (Kozma *and* Russel, 2005) dan memberikan pengalaman belajar yang menarik sehingga siswa dapat belajar secara aktif. Penggunaan visualisasi 3D dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan visuospasial siswa, dan juga membantu siswa dalam memahami fenomena kimia pada level submikroskopis dan simbolik pada materi geometri molekul (Tamami dan Dwiningsih, 2020).

Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk visualisasi molekuler adalah *software Avogadro*. *Software* ini berguna dalam menyusun *input* file dalam bidang komputasi (Taylor Cornell, 2015). *Software* ini dapat digunakan oleh guru dan siswa dalam pembelajaran yang berhubungan dengan struktur molekul, sehingga siswa dapat mengetahui bentuk visualisasi molekul 3D pada senyawa-senyawa hidrokarbon. *Software Avogadro* ini memiliki banyak keunggulan, selain penggambaran struktur molekul 3D untuk senyawa-senyawa hidrokarbon, *software* ini juga dapat memberikan informasi mengenai panjang ikatan, sudut ikatan serta momen dipol dari senyawa-senyawa hidrokarbon yang digambarkan.

Penggunaan *Software Avogadro* dalam pembelajaran ini membutuhkan waktu yang tidak sedikit, sehingga akan sulit apabila dilakukan di kelas dan mengandalkan waktu pembelajaran di kelas. Terbatasnya waktu ini, menjadi kendala bagi

guru dan siswa untuk memanfaatkan penggunaan *Software Avogadro* ini dalam pembelajaran kimia terutama pada materi hidrokarbon yang cukup kompleks. Untuk mengatasi masalah tersebut, pembelajaran berbantuan *Software Avogadro* ini dapat diterapkan dengan model pembelajaran *flipped classroom*. *Flipped classroom* adalah model pembelajaran berbasis kelas dibalik yaitu menukar kegiatan umum yang dilakukan di kelas dan di rumah. Dalam pembelajaran siswa diperkenalkan dengan materi sebelum mengikuti pembelajaran di kelas, termasuk mengeksplorasi *Software Avogadro* dan saat di kelas siswa akan berdiskusi untuk memperdalam pemahaman mereka (Reid, 2016). Tahapan pembelajaran *flipped classroom* ini menurut Bregman dan Sams (2012) yaitu, *pre-class* dan *in-class*. Hal ini dapat menjadi solusi untuk pembelajaran kimia pada materi hidrokarbon berbantuan *Software Avogadro* yang kompleks dan membutuhkan porsi waktu yang lebih banyak sehingga penggunaan model pembelajaran *flipped classroom* ini dapat mengoptimalkan penggunaan waktu dalam proses belajar.

Penerapan pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dalam pembelajaran kimia ini pernah diteliti sebelumnya. Penelitian pendahuluan dengan judul “Keefektifan *flipped classroom* berbasis *Molview* terhadap penguasaan konsep kimia, keterampilan berkolaborasi, dan berpikir kritis di SMAK Tunas Harapan Bogor” yang dilakukan oleh Pasaribu dan Purbojo (2024) menunjukkan bahwa penerapan *flipped classroom* berbasis visualisasi dengan web *Molview* dapat meningkatkan penguasaan konsep kimia dengan tingkat efektivitas tinggi.

Berdasarkan uraian di atas sebagai upaya untuk meningkatkan kompetensi representasi siswa pada materi hidrokarbon maka dilakukan penelitian yang berjudul “Efektivitas Model *Flipped Classroom* Berbantuan Visualisasi Molekul 3D pada Materi Hidrokarbon untuk Meningkatkan Kompetensi Representasi Kimia”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah yang diteliti adalah bagaimanakah efektivitas model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon untuk meningkatkan kompetensi representasi kimia?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan efektivitas model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon untuk meningkatkan kompetensi representasi kimia

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Peserta Didik

Dengan menerapkan model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon dalam kegiatan belajar mengajar akan memberikan pengalaman baru kepada siswa dalam meningkatkan kompetensi representasi kimia

2. Guru

Model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D ini dapat menjadi alternatif bagi guru untuk meningkatkan kompetensi representasi kimia pada siswa

3. Sekolah

Model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D ini dapat menjadi salah satu alternatif dan masukan bagi sekolah untuk mengembangkan mutu pembelajaran kimia di sekolah.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah

1. Model Pembelajaran *flipped classroom* ini terdiri atas dua tahapan pembelajaran yaitu *pre-class* dan *in-class* (Bergman and Sams, 2012).
2. *Software* permodelan molekul yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *software Avogadro* yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari Pittsburgh University (Cornell, 2015). *Software* ini dapat diunduh melalui laman web <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/>.
3. Cakupan materi hidrokarbon yang digunakan pada penelitian ini yaitu ke-khasan atom karbon dan penggolongan senyawa hidrokarbon, klasifikasi senyawa hidrokarbon, isomer dan sifat fisik senyawa hidrokarbon.
4. Kompetensi representasi yang diteliti pada penelitian ini yaitu kemampuan interpretasi makna representasi mengacu pada Kozma and Russel, 2005) yang meliputi (i) menggunakan kata kata untuk mengidentifikasi dan (ii) menganalisis fitur representasi dan pola fitur representasi.
5. Pembelajaran dengan model pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* untuk meningkatkan kompetensi representasi kimia pada materi hidrokarbon dikatakan efektif jika *n-gain* rata-rata kelas eksperimen minimal berkategori sedang dan terdapat perbedaan *n-gain* rata-rata lebih tinggi secara signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol
6. LKPD yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan saintifik.

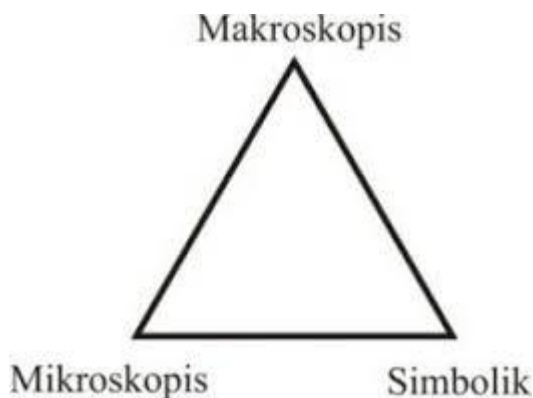
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Representasi Kimia

Karakteristik ilmu kimia terbagi menjadi tiga tingkat representasi kimia. Representasi kimia didefinisikan sebagai cara untuk menggambarkan dan memahami fenomena dalam pembelajaran ilmu kimia. Representasi kimia ini sangat penting dalam pembelajaran ilmu kimia agar membantu siswa untuk memahami konsep-konsep kimia yang abstrak (Gilbert *and* Treagust, 2009). Keabstrakan dan konsep-konsep dalam ilmu kimia dapat dipahami melalui tiga level yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik (Johnstone, 1991). Keberadaan tiga level representasi tersebut menunjukkan bahwa dalam pembelajaran kimia siswa dituntut untuk menguasai dan menghubungkan antar level makroskopik, submikroskopik dan simbolik tersebut.

Representasi makroskopik digunakan untuk merepresentasikan fenomena kimia yang dapat diamati, baik fenomena pada kehidupan sehari-hari, maupun fenomena dalam percobaan yang dilakukan. Fenomena yang dapat diamati ini berupa bentuk, bau, dan warna. Representasi submikroskopik digunakan untuk merepresentasikan fenomena makroskopik. Dalam tingkat submikroskopik ini digunakan untuk menjelaskan fenomena makroskopik yang tak kasat mata seperti struktur dan interaksi partikel di dalam molekul, atom, dan ion. Tingkat representasi kimia yang ketiga yaitu simbolik, digunakan untuk merepresentasikan makroskopik dan submikroskopik yaitu reaksi dan hubungan antar zat yang melibatkan penggunaan simbol, rumus, dan persamaan kimia. Ketiga representasi kimia ini saling berhubungan dan mempunyai peran penting untuk pemahaman yang mendalam dalam mempelajari konsep-konsep pembelajaran kimia (Johnstone, 1991).

Johnstone (1991) menganalogikan tiga level representatif dalam sebuah segitiga yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tiga level representasi kimia menurut Johnstone (1991)

Johnstone menyampaikan gagasannya lewat gambar berupa segitiga dengan tiga puncak yang diberi label makro, submikroskopis, dan simbolik. Johnstone berpendapat bahwa daripada pengajaran difokuskan pada salah satu puncak atau bahkan di satu sisi segitiga lebih baik jika pengajaran dilakukan dalam segitiga, dimana para siswa diharapkan dapat memahami ketiga level tersebut secara bersamaan (Johnstone, 2009). Johnstone juga berpendapat bahwa sifat kimia ada dalam tiga bentuk yang dapat dianggap sebagai sudut-sudut segitiga. Dalam tiga sudut itu tidak ada satu sudut yang lebih unggul dari sudut yang lain, namun ketiga sudut itu saling melengkapi. Ketiga sudut itu adalah, a) makro yaitu apa yang dapat dilihat, disentuh, dan dicium; b) submikro meliputi atom, molekul, ion, dan struktur; dan c) simbolik meliputi simbol, rumus, persamaan, dan grafik (Johnstone, 2000).

Tingkat representasi efektif dalam membantu siswa untuk mengembangkan pengetahuan ilmiah, siswa akan lebih mudah menemukan konsep jika menggunakan berbagai representasi dan mode pembelajaran. Hal ini dikarenakan setiap model representasi memiliki makna komunikasi yang berbeda. Ketiga level representasi kimia memainkan peran penting dalam memecahkan masalah kimia.

Karena, jika masalah reaksi kimia hanya diselesaikan dengan satu atau dua level representasi kimia, atau dari ketiga level representasi kimia tersebut diajarkan terpusah, maka dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan siswa untuk

memahami konsep-konsep dalam memecahkan masalah dan menciptakan miskonsepsi (Wicaksono, 2022).

2.2 Kompetensi Representasi

Secara umum, pemahaman kimia yang bermakna melibatkan kemampuan siswa yang tidak hanya melibatkan kemampuan memahami fenomena kimia dalam ketiga representasi (Talanquer, 2011). Akan tetapi juga harus mampu bergerak dalam ketiga representasi tersebut yaitu dalam hal menginterpretasikan, memvisualisasikan, menerjemahkan, mengintegrasikan, dan menghubungkan beberapa representasi, hal ini disebut dengan kompetensi representasional. Kompetensi representasi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan seperangkat keterampilan dan praktik yang memungkinkan seseorang untuk secara reflektif menggunakan berbagai representasi atau visualisasi, baik secara sendiri-sendiri maupun bersama-sama, untuk memikirkan, mengomunikasikan, dan bertindak berdasarkan fenomena kimia dalam hal entitas dan proses fisik yang mendasari dan perseptual (Kozma *and* Russel, 2005). Terdapat 7 keterampilan yang menjadi inti kurikulum substansif kompetensi representasional menurut Kozma *and* Russel (2005) salah satunya adalah kemampuan dalam menginterpretasikan makna representasi kimia.

Kemampuan interpretasi makna representasi kimia merupakan kemampuan untuk menggunakan kata kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi dan pola fitur representasi. Kemampuan interpretasi makna representasi kimia dapat dicapai apabila siswa mampu:

1. Menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia
2. Menggunakan kata kata untuk menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia (Kozma *and* Russel, 2005).

Kompetensi representasional dalam pembelajaran kimia ini memiliki peran penting dalam mendukung pemahaman materi kimia terutama pada materi-materi yang membutuhkan kemampuan visuospasial seperti bentuk molekul, stereokimia, simetri, dan kristalografi (Thayban dkk., 2023). Kompetensi representasional

dapat disajikan dalam berbagai bentuk, mulai dari yang sederhana hingga yang memanfaatkan teknologi komputer yaitu seperti menggunakan kata-kata atau bahasa verbal, diagram atau gambar, model dua dimensi, model tiga dimensi baik statis maupun dinamis (animasi) (Dewi, 2022).

2.3 Visualisasi Molekul 3D dalam Pembelajaran

Visualisasi adalah teknik pembelajaran menggunakan teknologi komputer yang menjadikan konsep suatu materi mampu diamati secara nyata lewat penglihatan (Harsalinda dan Wijayati, 2018). Visualisasi dalam pembelajaran merujuk pada penggunaan representasi grafis untuk membantu memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks. Materi ini disampaikan dengan bantuan suatu media dalam bentuk foto/gambar/Ilustrasi, grafik, sketsa, bagan, dan chart (Andoro, 2015).

Visualisasi dalam pembelajaran kimia dapat membantu siswa untuk memahami konsep-konsep yang abstrak, memudahkan pengguna nya untuk dapat melihat data yang tidak dapat dilihat melalui kasat mata seperti menampilkan penataan ruang, sudut ikatan, serta panjang ikatan suatu molekul dan lainnya. Menurut Kozma and Russel (2005) penggunaan visualisasi seperti model molekuler dapat mendukung pembangunan konsep tradisional dan kurikulum kimia, dan diswa dapat menggunakannya untuk memahami konsep-konsep yang berkaitan dengan ikatan dan struktur. Dalam pendidikan kimia visualisasi molekul 3D memainkan peran penting karena dapat membantu siswa untuk dapat melihat dan memahami struktur serta interaksi molekul secara jelas dan nyata. Penggunaan alat visualisasi 3D ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar, mendorong siswa agar dapat terlibat secara aktif karena memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik. Penggunaan visualisasi 3D ini juga dapat mengurangi mis-konsepsi yang mungkin menghambat pemahaman siswa, juga dapat berperan penting pada peningkatan keterampilan representasional, di mana siswa dapat berpindah ataupun menghubungkan tiga tingkat representasi yaitu antara makroskopik-submikroskopik ataupun submikroskopik-simbolik, yang diketahui

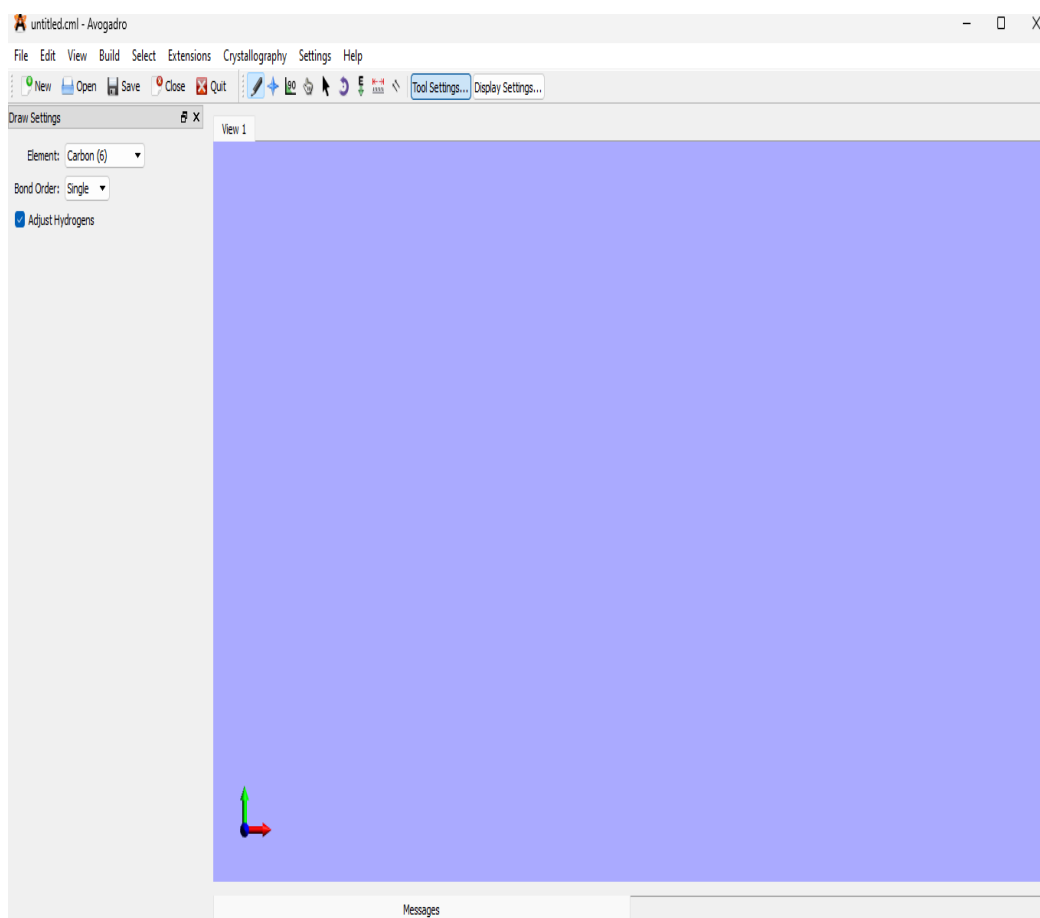
bahwa ketiga tingkat representasi kimia ini sangat penting dimiliki oleh siswa (McCormick, 1988).

Penggunaan alat visualisasi 3D ini juga dapat meningkatkan kemampuan spasial, yaitu kemampuan mereka untuk membayangkan dan memvisualisasikan struktur molekul dalam ruang 3D, memungkinkan siswa untuk melihat orientasi atom dan ikatan kimia secara realistis. Siswa dapat melihat bagaimana posisi relatif atom-atom dalam sebuah senyawa dan bagaimana perubahan dalam posisi tersebut dapat mempengaruhi sifat fisik maupun kimia dalam senyawa (Wu *et al.*, 2001).

2.4 *Software Avogadro*

Pada abad ini, dengan kemajuan dan perkembangan teknologi sudah banyak sekali *software* yang dikembangkan guna mendukung pembelajaran terutama memvisualisasikan materi kimia dalam bentuk 3 dimensi, *software* tersebut salah satu-nya *Avogadro*. *Software Avogadro* sendiri merupakan *software* yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari *Pittsburgh University* yang memiliki banyak kegunaan salah satunya yaitu visualisasi serta editor molekul. *Software* ini tersedia untuk sistem *Windows*, *Linux*, dan *Mac Os* dengan sistem *Open Source* yaitu dapat diakses secara bebas dan gratis. *Software* ini dapat diunduh melalui laman web <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/> (Maahury *et al.*, 2023). Penggunaan *Software Avogadro* membantu memudahkan dalam melihat struktur molekul dari berbagai sudut pandang, mendukung berbagai perhitungan kimia seperti optimasi struktur dan perhitungan energi molekul. Terdapat banyak fitur-fitur yang sangat berguna yang dapat digunakan dalam pembelajaran kimia seperti pada materi hidrokarbon yang dapat memberikan informasi-informasi yang lengkap yang berhubungan dengan struktur molekul dari senyawa-senyawa hidrokarbon.

Tampilan awal *Software Avogadro* ketika pertama kali dibuka seperti ditunjukan pada Gambar 2.



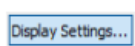
Gambar 2. Tampilan *Software Avogadro*

Software Avogadro ini memiliki banyak *tool* dan menu beserta fungsinya masing-masing, *tool* dan menu ini akan mempermudah pengguna untuk membuat struktur molekul 3D. Beberapa *tool* dan fungsinya dalam *Software Avogadro* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa *tool* pada *Software Avogadro* beserta fungsinya

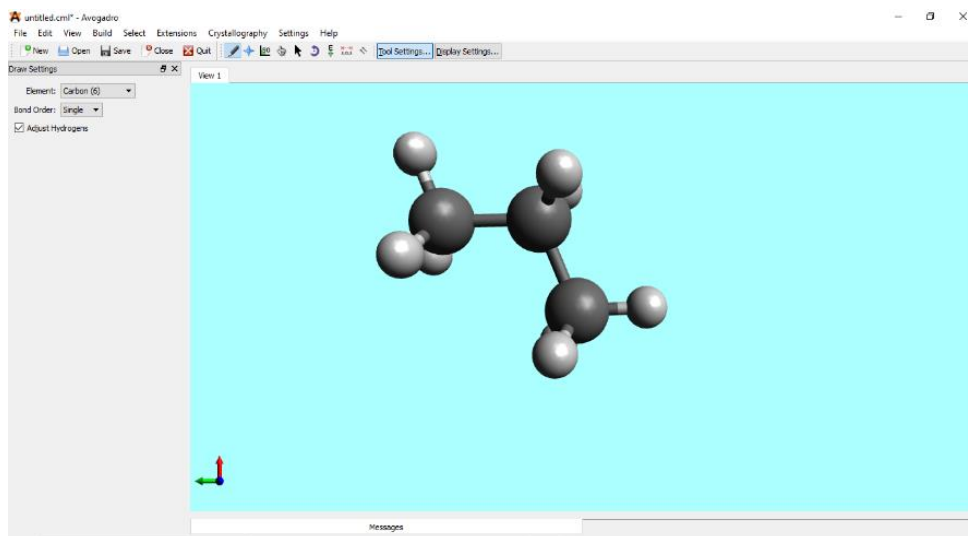
<i>Tool</i>	<i>Nama Tool</i>	Fungsi
	<i>Draw settings</i>	Untuk membuat molekul serta membuat ikatan di antara atom-atom pada ruang gambar
	<i>Navigate settings</i>	Untuk merotasi dan <i>zoom in/out</i> desain molekul yang dibuat.
	<i>Bond centric manipulate settings</i>	Untuk melihat kemiringan molekul secara vertikal dan horizontal

Tabel 1 (lanjutan)

	<i>Manipulate settings</i>	Untuk merotasi desain molekul pada gerakan yang bebas
	<i>Selection settings</i>	Untuk menyeleksi dan memindahkan desain molekul yang dibuat
	<i>Auto rotate settings</i>	Untuk menjalankan animasi rotasi ke berbagai arah sesuai dengan garis arah mouse
	<i>Auto optimisation settings</i>	Untuk mengoptimasi desain molekul ke bentuk yang sebenarnya berdasarkan teori.
	<i>Measure settings</i>	Untuk mengetahui panjang ikatan antar atom dan sudut ikatan.
	<i>Align settings</i>	Untuk merotasi desain molekul yang kita buat ke beberapa arah
	<i>Display settings</i>	Untuk menampilkan keterangan yang berhubungan dengan struktur seperti label, ikatan hidrogen, interaksi Van der Waals, dipol dan lain-lain, Keterangan tersebut dapat muncul dengan mencentang pada daftar keterangan sebelah kiri bidang gambar

Penggambaran struktur molekul 3D di *Software Avogadro* caranya adalah dengan memilih menu *draw settings* lalu pada bagian isi bagian *element* dengan atom apa yang ingin kita buat dan pada bagian *bond order* untuk membuat jenis ikatannya. Ketika struktur sudah dibuat lalu untuk mengoptimalkan struktur tersebut agar bentuknya sesuai dengan teori yang ada yaitu bisa menggunakan langkah *Extension > Optimize Geometry* atau dengan *shortcut Ctrl+Alt+O*. Kita juga dapat mengubah warna ruang gambar sesuai keinginan dengan langkah *View>Set Background Color*. Lalu untuk membuat struktur agar atom H otomatis terikat pada atom C, dapat digunakan langkah *Tool Settings>Adjust Hydrogens*. Untuk menyesuaikan atom yang terikat pada atom C juga dapat menggunakan fitur di *draw settings* yaitu pada bagian *element*.

Berikut di bawah ini merupakan contoh penggunaan *Software Avogadro* untuk menggambar struktur Propana, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi molekul 3D untuk propana menggunakan *Software Avogadro*

Berbagai informasi molekul hidrokarbon yang bisa kita dapatkan dengan menu-menu yang ada pada *Software Avogadro* ini. Pada menu *view* misalnya kita dapat mengetahui informasi-informasi pada struktur molekul 3D yang kita gambar yaitu sifat-sifat dari atom, ikatan maupun molekul yang dapat membantu siswa lebih memahami materi hidrokarbon. Berikut ini merupakan informasi-informasi yang didapatkan di menu *view* pada bagian jendela *molecular properties* di *software Avogadro* untuk struktur molekul 3D dari propana, ditunjukkan pada Gambar 4.

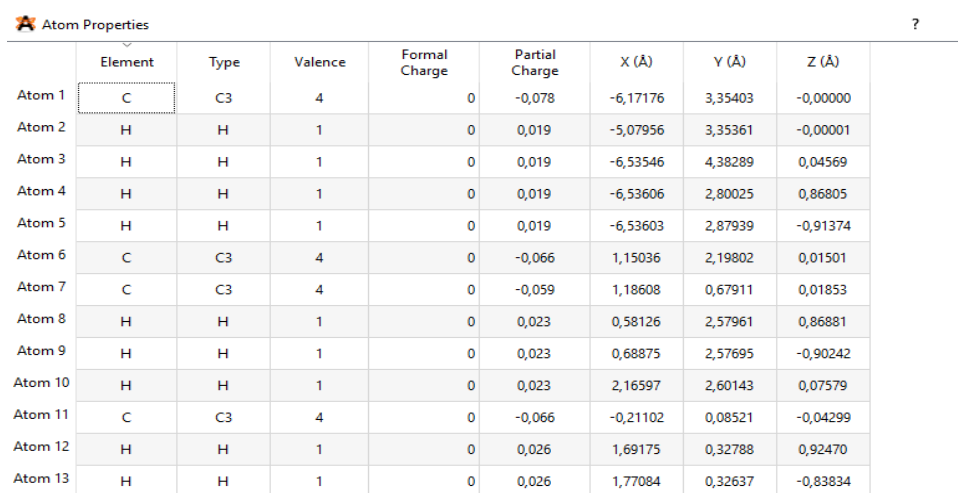
Molecule Properties	
IUPAC Molecule Name:	(pending)
Molecular Weight (g/mol):	60,138
Chemical Formula:	C ₃ H ₈
Energy (kJ/mol):	-20,489
Estimated Dipole Moment (D):	0,008
Number of Atoms:	16
Number of Bonds:	14

Gambar 4. Jendela sifat molekul

Dapat dilihat pada Gambar 4 di atas yang menunjukkan informasi untuk molekul propana pada jendela *molecule properties* yang terdapat di menu *view properties*. Jendela tersebut berisi nama senyawa menurut IUPAC, berat molekul, rumus

kimia, energi, momen dipol, jumlah atom dan jumlah ikatan. Informasi-informasi ini dapat membantu siswa dalam memprediksi sifat fisik suatu senyawa hidrokarbon, misalnya titik didih dan titik leleh. Siswa dapat menginterpretasikan bahwa pada senyawa hidrokarbon alkana yang memiliki rantai lurus, memiliki jumlah atom C dan atom H berbeda, maka menyebabkan berat molekulnya juga berbeda. Dari informasi ini siswa dapat memahami bahwa semakin banyak jumlah atom C dan atom H pada suatu senyawa hidrokarbon, maka berat molekul semakin besar sehingga titik didih dan titik lelehnya semakin tinggi.

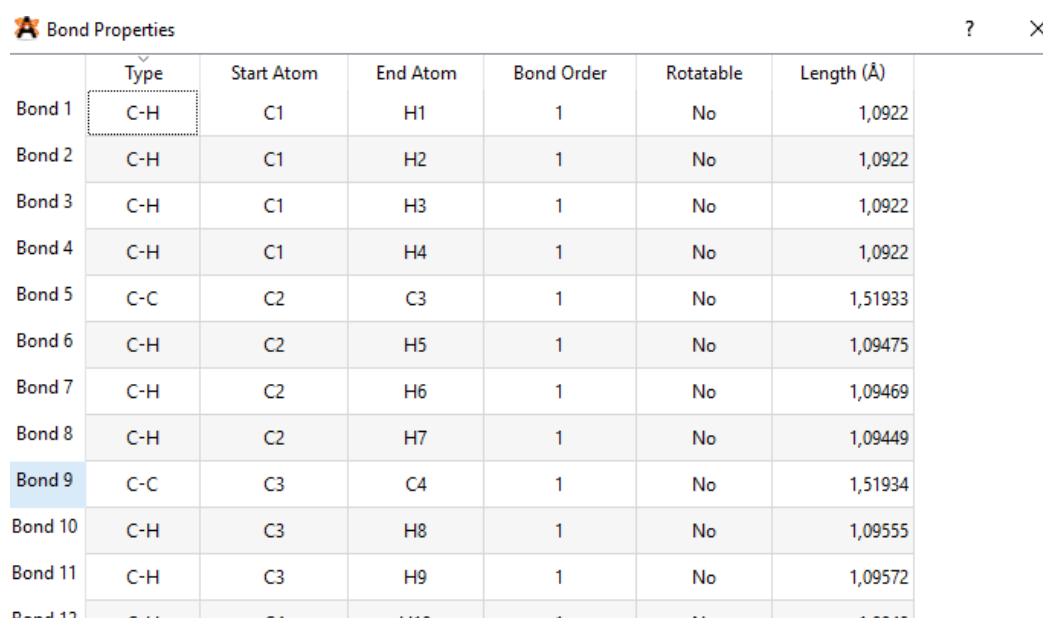
Masih pada menu *view properties*, pada bagian jendela *atom properties* ini berisi informasi yang berhubungan dengan sifat-sifat atom pada struktur suatu senyawa hidrokarbon. Informasi-informasi ini berupa unsur-unsur penyusun suatu senyawa hidrokarbon, elektron valensi, muatan formal dan muatan parsial unsur-unsur tersebut. Sehingga pada jendela ini dapat membantu siswa dalam mempelajari kekhassan atom karbon, siswa dapat melihat elektron valensi untuk atom C adalah empat. Dari informasi jumlah elektron valensi tersebut siswa dapat pemahaman bahwa setiap atom C dapat membentuk ikatan valensi dengan empat atom lain. Siswa juga dapat mengidentifikasi unsur-unsur penyusun senyawa hidrokarbon, sehingga siswa dapat menyimpulkan pengertian dari senyawa hidrokarbon. Informasi untuk senyawa propana yang ada dalam jendela *atom properties* pada menu *View > Properties > Atom Properties*, ditunjukkan pada Gambar 5.



	Element	Type	Valence	Formal Charge	Partial Charge	X (Å)	Y (Å)	Z (Å)
Atom 1	C	C3	4	0	-0,078	-6,17176	3,35403	-0,00000
Atom 2	H	H	1	0	0,019	-5,07956	3,35361	-0,00001
Atom 3	H	H	1	0	0,019	-6,53546	4,38289	0,04569
Atom 4	H	H	1	0	0,019	-6,53606	2,80025	0,86805
Atom 5	H	H	1	0	0,019	-6,53603	2,87939	-0,91374
Atom 6	C	C3	4	0	-0,066	1,15036	2,19802	0,01501
Atom 7	C	C3	4	0	-0,059	1,18608	0,67911	0,01853
Atom 8	H	H	1	0	0,023	0,58126	2,57961	0,86881
Atom 9	H	H	1	0	0,023	0,68875	2,57695	-0,90242
Atom 10	H	H	1	0	0,023	2,16597	2,60143	0,07579
Atom 11	C	C3	4	0	-0,066	-0,21102	0,08521	-0,04299
Atom 12	H	H	1	0	0,026	1,69175	0,32788	0,92470
Atom 13	H	H	1	0	0,026	1,77084	0,32637	-0,83834

Gambar 5. Jendela sifat atom

Jendela *bond properties* pada menu *view properties* ini berisi informasi yang berhubungan dengan atom-atom apa saja yang saling berikatan, jenis ikatan kovalen, dan panjang ikatan pada suatu struktur senyawa hidrokarbon. Informasi ini dapat membantu siswa untuk membedakan jenis ikatan kovalen, sehingga dapat menjelaskan senyawa hidrokarbon jenuh dan tak jenuh. Siswa juga dapat mengidentifikasi perbedaan panjang ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga pada suatu senyawa hidrokarbon. Informasi untuk senyawa molekul propana yang ada dalam jendela *bond properties* pada menu *View > Properties > Bond Properties* ditunjukkan pada Gambar 6.



	Type	Start Atom	End Atom	Bond Order	Rotatable	Length (Å)
Bond 1	C-H	C1	H1	1	No	1,0922
Bond 2	C-H	C1	H2	1	No	1,0922
Bond 3	C-H	C1	H3	1	No	1,0922
Bond 4	C-H	C1	H4	1	No	1,0922
Bond 5	C-C	C2	C3	1	No	1,51933
Bond 6	C-H	C2	H5	1	No	1,09475
Bond 7	C-H	C2	H6	1	No	1,09469
Bond 8	C-H	C2	H7	1	No	1,09449
Bond 9	C-C	C3	C4	1	No	1,51934
Bond 10	C-H	C3	H8	1	No	1,09555
Bond 11	C-H	C3	H9	1	No	1,09572
Bond 12	C-H	C4	H10	1	No	1,09416

Gambar 6. Jendela sifat ikatan

Untuk jendela *angle properties* pada menu *View > Properties* berisikan informasi yang berhubungan dengan sudut ikatan pada suatu struktur senyawa hidrokarbon. Informasi ini dapat membantu siswa untuk mengetahui atom awal, tengah dan akhir yang membentuk suatu sudut beserta besarnya sudut yang terbentuk, sehingga siswa dapat mengidentifikasi perbedaan atom-atom pembentuk sudut akan menghasilkan sudut dengan besar yang berbeda juga. Informasi untuk senyawa propana yang ada dalam jendela *angle properties* pada menu *View > Properties > Angle Properties* ditunjukkan pada Gambar 7.

Angle Properties						?	>
	Type	Start Atom	Vertex	End Atom	Angle (°)		
Angle 1	HCH	H1	C1	H2	109,4729		
Angle 2	HCH	H1	C1	H3	109,4722		
Angle 3	HCH	H1	C1	H4	109,4723		
Angle 4	HCH	H2	C1	H3	109,4697		
Angle 5	HCH	H2	C1	H4	109,4697		
Angle 6	HCH	H3	C1	H4	109,4705		
Angle 7	CCH	C3	C2	H5	111,0317		
Angle 8	CCH	C3	C2	H6	110,9722		
Angle 9	CCH	C3	C2	H7	110,2761		

Gambar 7. Jendela sifat sudut ikatan

2.5 *Flipped Classroom*

Di era di mana perkembangan teknologi, informasi, dan komunikasi yang dapat memudahkan manusia untuk memperoleh informasi secara cepat dan mudah, model pembelajaran *flipped classroom* sangat sesuai dan sejalan pada era ini. Model pembelajaran *flipped classroom* diperkenalkan oleh Bergman dan Sams pada tahun 2012. *Flipped Classroom* merupakan model pembelajaran berbasis kelas dibalik. Maksud kelas dibalik di sini adalah, dalam pembelajaran siswa diperkenalkan dengan materi sebelum mengikuti pembelajaran di kelas, dan saat di kelas siswa dibebaskan berdiskusi dan menyelesaikan masalah untuk memperdalam pemahaman mereka (Bergman dan Sams, 2012). *Flipped Classroom* merupakan suatu model yang dapat digunakan dalam pembelajaran dengan memaksimalkan interaksi dan diskusi antar siswa di dalam kelas dan meminimalisirkan instruksi (Johnson, 2013).

Model pembelajaran ini untuk mereformasi model pembelajaran *direct instruction*, sehingga siswa banyak dilibatkan dalam proses pembelajaran karena pada model ini berbasis *student centered*. Model pembelajaran ini menerapkan bentuk pembelajaran *blended learning* yaitu dengan menggabungkan pembelajaran *synchronous* yaitu pembelajaran secara langsung di kelas, interaksi antara

siswa dan guru maupun antar siswa, dan pembelajaran *asynchronous* yaitu belajar secara mandiri, sehingga siswa bisa secara aktif belajar dengan mengakses materi yang diberikan tanpa batas waktu dan tempat, serta berinteraksi untuk bertukar pemahaman antar siswa. Model pembelajaran *flipped classroom* ini merupakan salah satu model pembelajaran yang inovatif dan efektif (Hamdanah, 2022).

Model pembelajaran *flipped classroom* ini menggunakan media pembelajaran *online* yang mampu diakses secara mudah oleh siswa untuk mendukung tahapan kegiatan pembelajaran di rumah. Model ini tidak sekedar belajar materi di rumah, tetapi model pembelajaran ini menekankan bagaimana pemanfaatan waktu di kelas agar pembelajaran dalam kelas lebih bermutu dan dapat meningkatkan pemahaman dan memperluas pengetahuan siswa (Maolidah dkk., 2017).

Model pembelajaran *flipped classroom* ini sebagai inovatif untuk memaksimalkan waktu pembelajaran, sebagai solusi untuk materi yang kompleks dan padat sehingga porsi waktu yang digunakan lebih banyak. Dengan digunakan model pembelajaran *flipped classroom* ini siswa bisa lebih fleksibel dan belajar secara mandiri melalui materi yang diberikan oleh guru dalam bentuk media pembelajaran yang menarik sehingga saat pembelajaran di kelas siswa dapat memanfaatkan dan memaksimalkan waktu untuk melakukan diskusi terhadap materi yang sudah dipelajari oleh siswa sebelum memasuki kelas (Rindaningsih *et al.*, 2019).

Bergman dan Sams (2012) menyampaikan bahwa model *flipped classroom* ini dapat menjadi solusi untuk membantu siswa yang sibuk, dengan menerapkan model *flipped classroom* ini siswa akan memiliki kegiatan belajar di rumah menggunakan media pembelajaran yang dapat diakses dengan mudah, hal ini menjadikan siswa yang jarang berada di dalam kelas dapat punya kesempatan memperoleh pengetahuan mereka seperti siswa lain, pengetahuan ini juga bisa didapatkan dari berbagai sumber seperti buku, modul, website, dan video pembelajaran. Kemudian saat pembelajaran di dalam kelas, siswa dapat meningkatkan interaksi baik antar siswa maupun dengan guru, hal ini bisa memaksimalkan waktu pembelajaran di dalam kelas karena guru memiliki lebih banyak waktu untuk menjelaskan dan membantu siswa untuk memperdalam pemahaman mereka dan menyelesaikan permasalahan mereka, hal ini menjadikan pembelajaran lebih bermutu.

Tahapan-tahapan dalam model pembelajaran *flipped classroom* ini terbagi menjadi dua kegiatan yaitu *pre-class* dan *in-class*. Pada tahap *pre-class* siswa melakukan pembelajaran di rumah, guru akan memberikan soal dan materi melalui media pembelajaran yang dapat diakses, materi ini bisa berupa buku, modul, video pembelajaran. Siswa akan memahami materi yang telah diberikan oleh guru dan mengumpulkan informasi untuk menyiapkan pembelajaran di dalam kelas. Selanjutnya pada tahap *in-class*, pembelajaran dilakukan di dalam kelas yaitu berupa menyelesaikan masalah dan mendiskusikannya, dalam hal ini peran guru sebagai fasilitator sehingga pembelajaran akan berpusat pada siswa (*student centered*) (Bergman dan Sams, 2012).

Adapun langkah-langkah implementasi model pembelajaran *flipped classroom* dalam Murafer dkk., (2021) yaitu sebagai berikut:

Pada tahap *pre-class*

1. Guru menyiapkan dan menyediakan materi pembelajaran, yang akan dipelajari siswa di luar kelas, berupa video pembelajaran dan buku digital atau dalam penelitian ini juga menggunakan *Software Avogadro*.
2. Siswa belajar mandiri dengan mengoperasikan *Software Avogadro* dan mempelajari instruksi yang diberikan oleh guru sebelumnya, sehingga mereka dapat memahami di luar kelas konsep-konsep yang akan dibahas pada pembelajaran dalam kelas.

Pada tahap *in-class*

3. Siswa mendalami pemahaman mereka dengan berdiskusi, dan mengerjakan tugas berdasarkan instruksi yang telah pelajari sebelumnya di luar kelas. Memberikan kesempatan kepada mereka untuk lebih fokus dalam memahami materi atau menyelesaikan soal terkait.
4. Dalam hal ini, guru berperan sebagai fasilitator yang mendampingi siswa selama mereka mengerjakan tugas, memberikan dukungan dan bantuan sesuai dengan kebutuhan siswa. Guru juga menyiapkan dan memberikan soal evaluasi yang dikerjakan di akhir pembelajaran.

Model pembelajaran *flipped classroom* memiliki banyak manfaat, penerapannya dapat membantu guru menggunakan waktu di kelas untuk dapat melakukan pendekatan berupa *student centered* seperti dengan diskusi kelompok dan pemberian tugas mandiri yang dapat mengubah kebiasaan siswa dan meningkatkan kemampuan komunikasi siswa (Munir *et al.*, 2018). Beberapa manfaat lainnya disampaikan oleh Imania dan Bariah (2019), diantaranya yaitu (1) siswa dapat memiliki kesempatan dalam memahami materi yang diberikan guru secara mandiri ataupun kolaboratif di dalam kelas maupun di luar kelas (2) Guru dapat memastikan bahwa setiap siswa telah memahami materi-materi yang dipelajari (3) Siswa dapat meningkatkan kemandirian dalam belajar, selain itu terjalannya komunikasi yang aktif antar siswa maupun guru. Hal ini juga sejalan dengan yang disampaikan oleh Fauzan dkk., (2021) yaitu:

1. Peserta didik memiliki untuk mempelajari materi pelajaran di rumah sebelum guru menyampaikan di dalam kelas sehingga peserta didik lebih mandiri
2. Peserta didik dapat mempelajari materi perjalanan dalam kondisi dan suasana yang nyaman dengan kemampuannya
3. Peserta didik mendapatkan perhatian penuh dari guru ketika mengalami kesulitan dalam memahami tugas atau latihan
4. Peserta didik dapat belajar dari berbagai jenis konten pembelajaran baik melalui video/ buku/ website.
5. Peserta didik dapat mengulang-ulang video tersebut hingga ia benar-benar paham materi, tidak seperti pada pembelajaran biasa, apabila murid kurang mengerti maka guru harus menjelaskan lagi hingga peserta didik dapat mengerti sehingga kurang efisien
6. Peserta didik dapat mengakses video tersebut dari manapun asalkan memiliki koneksi internet yang cukup

2.6 Penelitian Yang Relevan

Hasil penelitian-penelitian yang relevan dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian yang relevan

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Hasil Penelitian
1	Jdaitawi, (2019)	<i>The effect of Flipped Classroom Strategy on Students Learning Outcomes</i>	Penggunaan model pembelajaran <i>flipped classroom</i> menunjukkan tingkat signifikan yang lebih tinggi pada <i>self-regulation</i> dan keterhubungan sosial dibandingkan penggunaan model pembelajaran konvensional.
2	Pasaribu dan Purbojo, (2024)	Keefektifan <i>Flipped Classroom</i> Berbasis <i>Molview</i> Terhadap Penguasaan Konsep Kimia, Keterampilan Kolaborasi, dan Berpikir Kritis Siswa di SMAK Tunas Harapan Bogor	Penerapan <i>flipped classroom</i> berbasis <i>Molview</i> dapat meningkatkan penguasaan konsep kimia, keterampilan kolaborasi, dan keterampilan berpikir kritis siswa.
3.	Listyarini, (2021)	<i>Implementation of Molecular Visualization Program for Chemistry Learning</i>	Penggunaan <i>software</i> visualisasi molekuler seperti <i>ACD/ChemSketch/Avogadro</i> efektif dalam membantu siswa memahami struktur molekul dan konsep kimia dengan lebih baik.
4	Rayan & Rayan, (2017)	<i>Avogadro Program for Chemistry Education : To What Extent can Molecular Visualization and Three-dimensional Simulations Enhance Meaningful Chemistry Learning?</i>	Penggunaan <i>Software Avogadro</i> dalam pembelajaran kimia dapat meningkatkan pemahaman dan minat siswa dalam bidang kimia
5	Afriyanti, (2022)	Pengembangan LKPD Berbasis Visualisasi Molekul 3D dengan <i>Software Avogadro</i> Pada Materi Hidrokarbon Berorientasi Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi	LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan <i>Software Avogadro</i> pada Materi Hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan dikatakan valid dan layak digunakan
6	Dwiningsih dkk., (2022)	<i>3D Molecular Interactive Multimedia for Building Chemistry Students' Ability</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media interaktif molekul 3D efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa

2.7 Anggapan Dasar

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

1. Perbedaan peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen terjadi karena perbedaan yang

dihasilkan dari perlakuan dalam proses pembelajaran yang diterapkan pada kelas masing-masing

2. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kedua kelas diabaikan

2.8 Kerangka Pemikiran

Dalam pembelajaran kimia, representasi dan teknologi visualisasi memiliki peran penting untuk siswa dapat memahami konsep-konsep kimia yang abstrak, terutama pada materi hidrokarbon. Penggunaan teknologi visualisasi dapat membantu siswa untuk merepresentasikan ilmu kimia terutama pada level submikroskopik pada materi hidrokarbon seperti bentuk molekul, panjang ikatan, sudut ikatan. Salah satu kendala yang sering dihadapi siswa dalam mempelajari kimia terutama pada materi hidrokarbon ini adalah menginterpretasikan makna dari representasi kimia. Tanpa visualisasi yang tepat, siswa akan kesulitan untuk membayangkan bentuk dan sifat molekul hidrokarbon secara jelas.

Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa adalah dengan menggunakan teknologi yang dapat memvisualisasikan molekul hidrokarbon secara 3D, yaitu dengan *Software Avogadro*. *Software Avogadro* merupakan alat bantu visualisasi molekul 3D yang dapat membantu siswa untuk melihat bentuk molekul, panjang dan sudut ikatan serta momen dipol secara jelas. Akan tetapi, penggunaan *Software Avogadro* ini membutuhkan waktu yang tidak singkat untuk mengeksplor fitur-fitur dalam *software*, sehingga apabila akan sulit untuk diterapkan secara maksimal dikarenakan jam tatap muka di kelas yang terbatas.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pembelajaran berbantuan *Software Avogadro* ini dapat diterapkan dengan menggunakan model pembelajaran *flipped classroom*. Model ini memungkinkan siswa mempelajari materi dan mengoperasikan *Software Avogadro* sebelum mengikuti pembelajaran di kelas (tahap *pre-class*) sehingga saat di kelas siswa akan memperdalam pemahaman yang telah

didapatkan sebelumnya (tahap *in-class*). Siswa akan memiliki lebih banyak waktu untuk aktif berdiskusi di dalam kelas untuk menyelesaikan masalah yang ada.

Pada langkah *pre-class* yaitu awal kegiatan di rumah atau di luar kelas, guru memberikan bahan ajar kepada siswa berupa buku digital atau video pembelajaran yang disediakan di LMS dan juga LKPD bagian *pre-class* yaitu dari tahap mengamati, menanya, dan mengumpulkan informasi mengenai topik yang akan dipelajari di kelas pada pertemuan selanjutnya, siswa menggunakan *Software Avogadro* untuk memvisualisasikan molekul untuk mengisi LKPD bagian *pre-class* secara berkelompok. Pada tahap *pre-class* ini siswa bisa mendapatkan informasi sebanyak-banyaknya mengenai materi yang akan dipelajari dan juga pada tahap ini siswa dilatih untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia.

Selanjutnya pada langkah *in-class* (saat kelas berlangsung). Pada tahap ini guru dapat mengetahui sejauh mana pemahaman siswa tentang materi yang akan dipelajari dan siswa dapat mendalami lagi informasi-informasi mengenai materi yang didapatkan pada tahap *pre-class*. Siswa diberikan LKPD bagian *in-class* yaitu tahap mengasosiasi dan mengomunikasikan. Kemudian siswa akan saling membagi argumen dan diskusi dengan teman kelompok. Pada tahap ini siswa dilatih untuk mengkonstruksi pemahaman mereka dan menganalisis data hasil temuan mereka. Pada tahap ini siswa dilatih untuk menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia.

Berdasarkan uraian di atas, pembelajaran kimia menggunakan model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon diharapkan dapat meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. Dalam hal ini, siswa tidak hanya mengenali bentuk molekul secara jelas, tetapi juga dapat menghubungkan ketiga level representasi kimia. Hal ini sejalan dengan Capaian Pembelajaran (CP) kimia fase F dalam kurikulum merdeka, yang menekankan keterampilan seperti mengamati, merencanakan, menganalisis, mengevaluasi, dan mengomunikasikan informasi.

2.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesis umum dalam penelitian ini adalah model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon efektif dalam meningkatkan kompetensi representasi kimia.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap pada tahun ajaran 2024/2025 di SMA Negeri 12 Bandar Lampung yang berlokasi di Kota Bandar Lampung, Lampung. Populasi dalam penelitian ini yakni seluruh siswa kelas XII MIPA SMA Negeri 12 Bandar Lampung yang terbagi menjadi 3 kelas.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Dengan pertimbangan bahwa kedua kelas memiliki prestasi belajar yang hampir setara berdasarkan nilai ujian kimia. Kelas yang diambil sebagai sampel penelitian yaitu kelas XII K.P 2.2 sebagai kelas kontrol dengan jumlah 34 siswa dan kelas XII K.P 2.3 sebagai kelas eksperimen dengan jumlah 35 siswa.

3.2 Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuasi eksperimen dengan desain penelitian *Non Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design* (Creswell & Creswell, 2018). Desain penelitian ini melihat perbedaan *pretest* maupun *posttest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum maupun sesudah diberikannya perlakuan. Desain penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Desain penelitian *pretest-posttest control group design*

Kelas Penelitian	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₁	C	O ₂

- X = Model Pembelajaran *flipped classroom* berbantuan *Software Avogadro*
 C = Model pembelajaran konvensional
 O₁ = *Pretest* (tes awal) sebelum perlakuan
 O₂ = *Posttest* (tes akhir) sesudah perlakuan

Sebelum pembelajaran, kedua kelas sampel diberi *pretest* sebelum pembelajaran (O₁). Hasil *pretest* ini digunakan untuk dapat mengetahui kemampuan awal interpretasi makna representasi kimia pada kedua kelas. Lalu pada kelas eksperimen diberi perlakuan dengan diterapkan pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* (X), dan pada kelas kontrol diberi perlakuan dengan diterapkan pembelajaran konvensional (C). Pada akhir pembelajaran, sampel diberikan *posttest* untuk mengukur kemampuan interpretasi makna representasi kimia pada siswa (O₂).

3.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran konvensional pada kelas kontrol dan model pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada kelas eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa kelas XII K.P 2.2 dan XII K.P 2.3 SMA Negeri 12 Bandarlampung Tahun Ajaran 2024/2025. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah materi pelajaran.

3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data utama dan data pendukung. Data utama berupa data kuantitatif, yaitu tes kemampuan awal interpretasi makna representasi siswa atau *pretest* dan kemampuan akhir interpretasi makna representasi siswa atau *posttest* penerapan model pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro*. Data pendukung berupa kualitatif, yaitu aktivitas siswa selama proses pembelajaran pada tahap *in-class*. Sumber data penelitian ini adalah seluruh siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3.5 Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Modul Ajar pada materi hidrokarbon dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berjumlah 3, bahan ajar, LMS, panduan penggunaan *Software Avogadro*, dan media pembelajaran yaitu *Software Avogadro*.

Validasi perangkat pembelajaran pada penelitian ini dilakukan dengan cara *judgement* oleh dosen pembimbing

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Soal *pretest* dan *posttest*

Soal *pretest* dan *posttest* yang bertujuan untuk mengukur kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. Soal terdiri atas 9 pertanyaan uraian yang dikembangkan berdasarkan kisi-kisi soal yang disusun sesuai dengan dua indikator kemampuan interpretasi makna representasi kimia yaitu (i) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia, dan (ii) menggunakan kata-kata untuk menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia. Penilaian dilakukan menggunakan rubrik penilaian *pretest* dan *posttest* yang disusun berdasarkan kedua indikator tersebut. Masing-masing indikator memiliki rentang skor yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat kesulitan soal

- a. Indikator menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi fitur dan pola fitur representasi kimia memiliki rentang skor 0-10
- b. Indikator menganalisis fitur dan pola fitur representasi kimia memiliki rentang skor 0-15

Maksimal skor untuk seluruh 9 soal *pretest* dan *posttest* adalah 100. Total skor diperoleh dari penjumlahan skor tiap soal yang telah disesuaikan bobotnya berdasarkan indikator.

2. Lembar observasi aktivitas siswa

Lembar observasi aktivitas siswa untuk pembelajaran di kelas eksperimen, dengan aspek yang diamati yaitu bertanya, mengemukakan ide atau pendapat, memberikan sanggahan, dan kerjasama atau diskusi kelompok selama pembelajaran berlangsung pada tahap *in-class* yaitu pembelajaran tatap muka secara langsung. Lembar observasi ini berbentuk kertas yang berisi tabel hasil pengamatan, dan mencakup nama siswa, aspek pengamatan, dan jumlah skor siswa pada 3 kali pertemuan. Pada setiap aspek diukur dengan memberikan nilai 1 apabila siswa melakukan aktivitas pada setiap aspek, dan jika tidak maka tidak diberi nilai.

Pengujian instrumen penelitian ini dilakukan menggunakan validitas isi dengan cara *judgement* oleh dosen pembimbing. Pengujian dilakukan dengan cara menelaah kisi-kisi, terutama kesesuaian indikator, tujuan pembelajaran dan butir-butir pertanyaan. Berdasarkan uji validitas yang telah dilakukan diperoleh bahwa instrumen yang digunakan sudah valid, sehingga data yang dihasilkan benar dan dapat dipercaya.

3.7 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini prosedur penelitian terbagi menjadi tiga tahap yaitu tahap persiapan penelitian, tahap pelaksanaan, tahap akhir penelitian yaitu berupa pengolahan data dan penyusunan laporan. Adapun uraian tahapan penelitian tersebut diuraikan sebagai berikut.

3.7.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini, kegiatan yang dilakukan yaitu:

- a. Meminta izin kepada Kepala SMA Negeri 12 Bandarlampung dan guru bidang studi kimia untuk melaksanakan penelitian.
- b. Melakukan wawancara untuk mendapatkan informasi berupa jumlah keseluruhan kelas XII 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 Hidrokarbon, yaitu dengan menggunakan model pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro*.
- d. Mempersiapkan dan membuat perangkat maupun instrumen pembelajaran yang akan digunakan seperti modul ajar, LKPD, dan *Software Avogadro*
- e. Menentukan populasi dan sampel penelitian.
- f. Validitas perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian oleh dosen pembimbing

3.7.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Pada tahap pelaksanaannya, penelitian dilakukan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan, meliputi:

- a. Memberikan *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang akan dikerjakan siswa untuk mengetahui kemampuan awal interpretasi makna representasi kimia siswa
- b. Memastikan setiap kelompok memiliki laptop sebagai yang mendukung untuk menggunakan *Software Avogadro*, minimal 1 kelompok memiliki 1 laptop yang dapat digunakan.
- c. Memberikan petunjuk penggunaan *Software Avogadro*
- d. Melaksanakan kegiatan pembelajaran pada materi Hidrokarbon di kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pembelajaran dengan model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* diterapkan di kelas eksperimen, yang terbagi menjadi 2 tahap yaitu *pre-class* dan *in-class*. Sedangkan untuk kelas kontrol diterapkan model konvensional.
- e. Pada pembelajaran *pre-class* siswa diminta untuk mengoperasikan *software Avogadro* menonton video pembelajaran, serta mengerjakan LKPD bagian *pre-class*
- f. Melakukan pemantauan aktivitas siswa pada tahap *pre-class* melalui LMS

- g. Pada pembelajaran *in-class* siswa memperdalam pemahaman mereka dengan berdiskusi dan mengerjakan LKPD bagian *in-class*
- h. Melakukan observasi terhadap aktivitas peserta didik selama pembelajaran berlangsung
- i. Memberikan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa dan mengukur efektivitas model pembelajaran *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi siswa.

3.7.3 Akhir Penelitian

Pada tahap pengolahan data, kegiatan yang dilakukan antara lain:

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

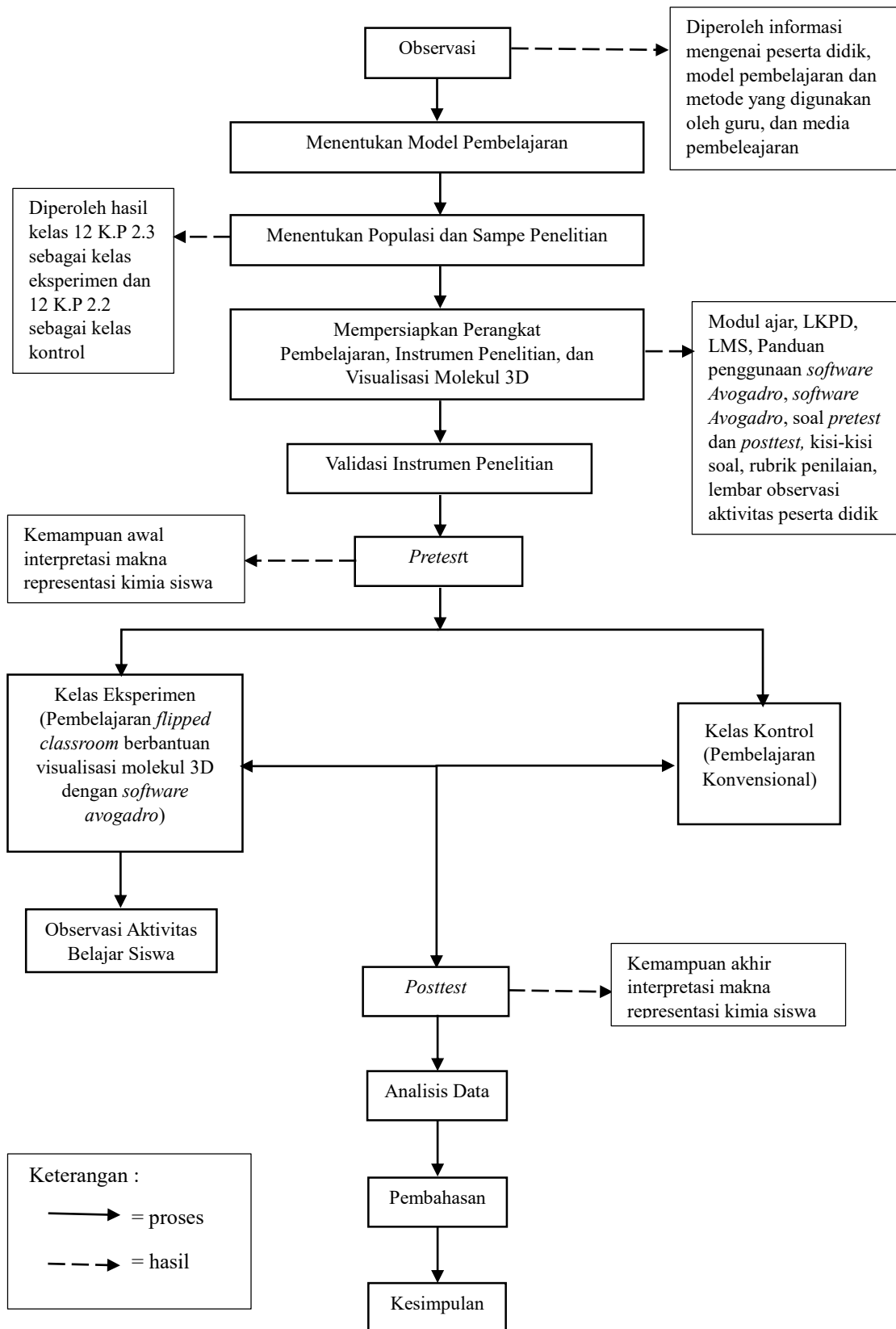
Prosedur pelaksanaan penelitian disajikan dalam Gambar 8.

3.8 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap di antaranya:

3.8.1 Analisis data kemampuan interpretasi makna representasi kimia

Tingkat kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa ditentukan berdasarkan nilai tes yang sudah diberikan kepada siswa. Siswa diberikan soal *pretest* sebelum diberi perlakuan, dan diberi soal *posttest* setelah diberi perlakuan penerapan pembelajaran. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan cara:



Gambar 8. Prosedur pelaksanaan penelitian

a. Perhitungan skor siswa

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung skor *pretest* dan *posttest* pada kemampuan interpretasi makna representasi sebagai berikut:

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

b. Perhitungan skor rata-rata siswa

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung skor rata-rata *pretest* dan *posttest* pada kemampuan interpretasi makna representasi sebagai berikut:

$$\text{Skor rata-rata} = \frac{\text{Jumlah skor seluruh siswa}}{\text{jumlah siswa}}$$

c. Menghitung *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa

Peningkatan kemampuan interpretasi makna representasi siswa ditentukan oleh skor yang diperoleh siswa dalam tes (*pretest* dan *posttest*) dan ditentukan melalui nilai *n-gain*, yaitu selisih antara skor *posttest* dan *pretest*. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$n\text{-gain} = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}} \quad (\text{Hake, 1998})$$

d. Menghitung rata-rata *n-gain* setiap kelas

Setelah menghitung *n-gain* dari tiap siswa, kemudian dilakukan perhitungan rata-ratanya dai kelas eksperimen dan kelas kontrol. Adapun perhitungannya menggunakan rumus berikut:

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

Hasil perhitungan rata-rata *n-gain* tersebut kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998). Kriteria pengklasifikasian *n-gain* menurut Hake dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. 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

3.8.2 Analisis data hasil pengamatan aktivitas peserta didik

Aktivitas siswa selama kegiatan pembelajaran yang berlangsung dari awal sampai akhir pembelajaran dihitung dengan menggunakan lembar observasi aktivitas peserta didik. Aktivitas siswa yang diamati yaitu bertanya, berpedapat, memberikan sanggahan dan diskusi kelompok. Analisis terhadap aktivitas siswa dilakukan dengan menghitung presentase masing-masing untuk setiap pertemuan dengan rumus:

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

Keterangan :

i = aktivitas peserta didik yang diamati dalam pembelajaran

Setelah itu yaitu menghitung rata-rata presentase aktivitas i dari dua orang pengamat, kemudian menafsirkan data dengan harga presentase aktivitas peserta didik (Sunyono, 2012) seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria aktivitas peserta didik

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

3.8.3 Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji perbedaan dua rata-rata *n-gain*. Sebelum melakukan pengujian dua rata-rata *n-gain*, dilakukan uji prasyarat terlebih dahulu. Adapun beberapa uji prasyarat yaitu uji normalitas dan homogenitas terhadap nilai *pretest* kemampuan interpretasi makna representasi di kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk menguji kesamaan rata-rata dan juga melakukan uji prasyarat data *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk menguji perbedaan dua rata-rata.

a. Uji normalitas

Uji normalitas memiliki tujuan untuk dapat mengetahui apakah data kedua sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *SPSS versi 27 for Windows*. Uji penelitian ini dilakukan menggunakan *Kolmogrov-Smirnov*. Adapun ketentuan kriteria uji normalitas menggunakan *SPSS* yaitu data dikatakan memenuhi asumsi normalitas jika pada *Kolmogrov-Smirnov* nilai $\text{sig.} > 0,05$. Rumusan hipotesis untuk uji ini yaitu sebagai berikut:

Hipotesis untuk uji normalitas:

H_0 = data penelitian berdistribusi normal

H_1 = data penelitian berdistribusi tidak normal

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah sampel penelitian berasal dari populasi yang homogen atau tidak homogen. Uji homogenitas untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *SPSS versi 27* dan menggunakan uji *Levene statistics test*. Rumusan hipotesis pada uji ini yaitu sebagai berikut:

Hipotesis untuk uji homogenitas:

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

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

Keterangan :

σ_1^2 = skor kelas eksperimen

σ_2^2 = skor kelas kontrol

Kriteria uji yang digunakan adalah terima H_0 jika $sig. > 0.05$ dan tolak H_0 jika nilai $sig. < 0.05$.

(Sudjana, 2005)

c. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata digunakan untuk melihat apakah rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi pada materi hidrokarbon siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan yang signifikan. Uji untuk menentukan perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan *Independent Sample T-test*, dikarenakan data memiliki distribusi normal dan varians homogen. Dalam penelitian ini uji statistik yang digunakan yaitu menggunakan *SPSS versi 27*. Adapun rumusan hipotesis untuk uji ini yaitu sebagai berikut:

Rumusan hipotesis:

$H_0: \mu_{1x} \leq \mu_{2x}$: Rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa di kelas kontrol.

$H_1: \mu_{1x} > \mu_{2x}$: Rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi siswa di kelas kontrol.

Keterangan :

μ_1 : Rata-rata *n-gain* kelas kontrol

μ_2 : Rata-rata *n-gain* kelas eksperimen

x : Kemampuan interpretasi makna representasi

Dengan kriteria uji yang digunakan menurut Sudjana (2005) yaitu: terima H_0 jika nilai $sig. (2-tailed) > 0.05$ dan terima H_1 jika nilai $sig. (2-tailed) < 0.05$.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D pada materi hidrokarbon efektif dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas eksperimen berkategori sedang dan perbedaan lebih tinggi secara signifikan dibandingkan rata-rata *n-gain* kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa pada kelas kontrol.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis adalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran dengan menerapkan model *flipped classroom* berbantuan visualisasi molekul 3D dapat digunakan oleh guru di sekolah sebagai salah satu alternatif dalam pembelajaran kimia terutama pada materi hidrokarbon karena efektif dalam meningkatkan kemampuan interpretasi makna representasi kimia siswa.
2. Sebelum melaksanakan penelitian akan lebih baik jika peneliti lebih memperhatikan kesiapan siswa untuk mengakses pembelajaran pada tahap *pre-class*, misalnya pada teknologi yang dimiliki siswa untuk mendukung pembelajaran terutama dalam penggunaan *Software Avogadro*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, S.Z.2022. *Pengembangan LKPD Berbais Visualisasi Molekul 3D dengan Software Avogadro pada Materi Hidrokarbon Berorientasi Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi* (Skripsi). Universitas Lampung.
- Andoro, I. F. B. 2015. Proses Visualisasi Sistem Operasi Berbasis Multimedia dengan Metode Kognitif Piaget di SMK Ibu Kartini Semarang. *Jurnal IC-Tech*. 10(2), 52-59
- Arikunto. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Bergman, J. & Sams, A. 2012. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*, In International Society for Technology in Education. 112 hlm.
- BSNP. 2006. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta.
- Chandrasegaran., Treagust, D.F., & Mocerino, M. 2007. The Development of a Two-tier Multiple choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Student's Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levels of Representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3): 293-307.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 1 edisi 3*. Jakarta: Erlangga.
- Chittleborough G., & Treagust D. F. 2007. The Modelling Ability of NonMajor Chemistry Students and Their Understanding of The SubMicroscopic Level. *Chemistry Education Research Practice*, 8(3), hlm. 274-292
- Dwiningsih, K., Fararoh, 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 (iJET)*, 17(14), 253-262.
- Dori. Y. J., & Hameiri, M. 2003. Multidimensional Analysis System for Quantitative Chemistry Problems: Symbol, Macro, Micro, and Process Aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3). 278-302
- Fauzan, M., Haryadi, & Haryati, N. 2021. Penerapan Elaborasi Model Flipped Classroom dan Media Google Classroom Sebagai Solusi Pembelajaran Bahasa Indonesia Abad 21. *Jurnal Riset Pedagogik*. 5(2) 361-371.
- 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.
- Gilbert, J.K. & D. Treagust 2009. *Multiple Representations in Chemical Education: Models and Modeling in Science Education*. Dordrecht: Springer. pp. 251-283.
- Hake, R. R. 1998. Interactive-Enga-gement Versus Traditional Me-thods, A six Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data For Introductory Physics Coures. *American Journal of Physics*. 66(1): 67-74.
- Hamdanah. 2022. Penerapan model pembelajaran flipped classroom untuk meningkatkan perhatian dan hasil belajar siswa dengan pendekatan saintifik pada mata pelajaran otomasi tata kelola humas dan keprotokolan kelas XII OTKP SMK Negeri 1 Marabahan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 1(3), 143-150. e-ISSN 2808-3687.
- Harsalinda, R. 2018. Visualisasi Sebagai Upaya untuk Memahami Materi Teoritis di Dalam Perkuliahan. *Journal Deutsch als Fremdsprache in Indonesian*. 2(1), 1-14.
- Hasanudin, C., & Fitrianihsih, A. 2019. Analisis gaya belajar mahasiswa pada pembelajaran flipped classroom. *Jurnal Pendidikan Edutama*, 6(1), 31-36.
- Hasbullah, H., Halim, A., & Yusrizal, Y. 2019. Penerapan Pendekatan Multi Representasi Terhadap Pemahaman Konsep Gerak Lurus. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 2(2), 69–74.
- Hasby. 2018. Pengaruh *Software* Visualisasi Terhadap Hasil Dan Minat Belajar Siswa Pada Meteri BentukBentuk Molekul Di Sma Negeri 4 Langsa. *KATALIS Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, 1(1), 17– 21.

- Ibrahim, S. M. (2023). Pendekatan Multilevel Representasi Dalam Pembelajaran Kimia: Literatur Review. *Sinergi Aksi Inovasi Budaya Menulis Inspiratif*, 1(1), 46-57.
- Indrawati, & Setiawan, W. 2009. *Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan untuk Guru SD*. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA).
- Imania, K.A.N., & Bariah, S.H. 2019. Pengembangan Flipped Classroom Dalam Pembelajaran Berbasis Mobile Learning Pada Mata Kuliah Strategi Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(1), 31-47.
- Jdaitawi, M. 2019. The Effect of *Flipped classroom* Strategy on Students Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 12(3), 665-680.
- Johnson, Graham Brent. 2013. *Student Perceptions Of The Flipped Classroom*. Columbia: The University Of British Columbia.
- 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.
- , 2000b. Teaching of Chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15
- , 2009. Foreword. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. v-vi). Dordrecht: Springer.
- Kozma, R., & Russell, J. 2005. Students Becoming Chemists: Developing Representationl Competence. *Visualization in Science Education*, 121–145.
- Kristin, N., Astuti, A.P., & Wulandari, A. V. D. R. 2019. *Analisis Kesultan Belajar Kimia Materi Hidrokarbon (Study Kasus SMA Negeri di Semarang)*. Seminar Nasional Edusaintek. 348-356.
- Listyarini, R. 2021. Implementation of Molecular Visualization Program for Chemistry Learning. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(1), 64-75.

- Maahury, M. F., Baharudin, M. D. A., Zainul, R., Khalid, A. K., Jakmola, V., & Rebezov, M. 2023. Computational calculation and molecular docking of Thymol and O-benzoyl Thymol as inhibitor TYK2 enzyme. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 24(03), 343-351.
- Maolidah, I. S., Ruhimat, T., & Dewi, L. 2017. Efektivitas penerapan model pembelajaran flipped classroom pada peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. *Educational Technologia*, 1(2). 145-152
- Mawaridah, N. 2019. *Pengaruh Pembelajaran Learning Cycle 5E- scaffolding Pada Materi Senyawa Hidrokarbon terhadap hasil Belajar Kognitif Siswa dan Motivasi Dengan Kemampuan Awal Berbeda*. Skripsi Mahasiswa UM.
- McCormick, R.E. 1988. University governance: A property rights perspective. *The Journal of Law and Economics*, 31(2), 423-442.
- Michalcik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Kreikemeier, P. and Schank, P., 2008. Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In *Visualization: Theory and practice in science education*. 233-282.
- Mudarwan. 2018. Penggunaan Model Pembelajaran Flipped Classroom dengan Moodle sebagai Implementasi dari Blended Learning. *Jurnal Pendidikan Penabur*, (31), 13–23.
- Muhfahroyin, M. 2009. Pengaruh Strategi Think Pair Share (TPS) Dan Kemampuan Akademik Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Di Kota Metro. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Universitas Negeri Malang*, 16(2), 107-115.
- Munir, M. T., Baroutian, S., Young, B. R., & Carter, S. 2018. Flipped classroom with cooperative learning as a cornerstone. *Education for Chemical Engineers*, 1–9.
- Murafer, N.F., Lumenta, A.S., & Sugiarso, B.A. 2021. Implementasi Pembelajaran Flipped Classroom berbasis Moodle. *E-Journal Teknik Informatika*. 2(1). 162-170.
- Nurfadillah, L., Santosa, C. A. H. F., & Novaliyosi, N. 2020. Pengaruh Model Pembelajaran Flipped Classroom Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Wilangan: Jurnal Inovasi Dan Riset Pendidikan Matematika*, 1(2), 215-225.

- Nurhayati, N., Nurussaniah, N., & Anita, A. 2017. Kemampuan Multirepresentasi Dan Hubungannya Dengan Hasil Belajar Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 22(1), 52–55.
- Pasaribu, S. W., & Purbojo, R. 2024. Keefektivan Flipped Classroom Berbasis Molview Terhadap Penguasaan Konsep Kimia, Keterampilan Kolaborasi, dan Berpikir Kritis Siswa di SMAK Tunas Harapan Bogor. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(10), 1025-1044.
- Prasetya, F. B., Subandi, dan Munzil. 2017. Pengaruh Representasi Mikroskopik Dinamik dan Statik Melalui Strategi React Terhadap Hasil Belajar dan Motivasi Belajar Mahasiswa pada Materi Elektrokimia. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 1(2).26-33.
- Pratiwi, D., Sugiharto, S., dan Mulyani, B,. 2013. Efektivitas Model Blended ELearning Cooperative Approach Tipe Tgt Dilengkapi Modul Terhadap Prestasi Belajar Kimia Materi Pokok Hidrokarbon Kelas X Semester II SMA Negeri 5 Surakarta Tahun Ajaran 2011/2012. *Jurnal Pendidikan Kimia*. 2(1), 92-93.
- Purwanti, A., Sutopo, S., & Wisodo, H. 2017. Penguasaan Konsep Materi Kinematika pada Siswa SMA Kelas X dengan menggunakan Pembelajaran Multirepresentasi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2(4), 575–578.
- Rayan, B & rayan, A. 2017. Avogadro Program for Chemistry Education: To What Extent Can Molecular Visualization and Three-dimensional Simulations Enhance Meaningful Chemistry Learning?. *World Journal of Chemical Education*, 5(4), 136-141.
- Reid, S. A. 2016. A flipped classroom redesign in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 914-922.
- Rindaningsih, I., Hastuti, W. D., & Findawati, Y. 2019. Desain Lingkungan Belajar yang menyenangkan berbasis Flipped Classroom di Sekolah Dasar. *Proceeding of The ICECRS*. 2(1). 41-47.
- Setyarini, M., Liliarsari, L., Kadarohman A., & Martoprawiro, M. A. 2017. Efektivitas Pembelajaran Stereokimia Berbasis Visualisasi 3d Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial. *Cakrawala Pendidikan*, 36(1), 91-101.
- Sinaga, W. S. E., Yusnaidar, Y., Syahri, W., & Muhaimin, M. 2023. Pengembangan Multimedia Interaktif Berbentuk Aplikasi Android

Berbasis Multipel Representasi pada Materi Keseimbangan Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 17(2), 81-91.

Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung.

Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: PT Alfabet.

Sunyono. 2012. *Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi (SiMayang)*. Bandar Lampung, Anugrah Utama Raharja.

Talanquer, V. 2011. Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

Tamami, A. A., & Dwiningsih, K. 2020. The effectivity of 3d interactive multimedia to increase the students’ visuospatial abilities in molecular. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 53(3), 307-317.

Taylor Cornell, G. H. 2015. *Avogadro Preface*. Diambil kembali dari *Avogadro: Molecular Editor and Visualization*: <http://www.Avogadro.cc/preface>.

Thayban, T., Kurniawati, E., & Munandar, H. (2024). Representational Competence (RC) dalam Kimia: Menyelidiki Korelasinya Dengan Pemahaman Geometri Molekul. *Normalita (Jurnal Pendidikan)*, 11(3). 485-492.

Wicaksono, A. G. 2022. Johnstone’s levels of representation in science learning. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pembelajaran Sains*, 8(1), 19-26.

Wu, H.-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. 2001. Promoting conceptual understanding of chemical representations: students’ use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 321-343.

Zidny, R., Sopandi, W., & Kusrijadi, A. K. 2015. Gambaran level submikroskopik untuk menunjukkan pemahaman konsep siswa pada materi persamaan kimia dan stoikiometri. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 1(1), 42-59.