

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS VISUALISASI MOLEKUL 3D
DENGAN *SOFTWARE AVOGADRO* PADA MATERI HIDROKARBON
BERORIENTASI KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

(Skripsi)

Oleh

**SITI ZULAIKHA AFRIYANTI
NPM 1713023008**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS VISUALISASI MOLEKUL 3D DENGAN *SOFTWARE AVOGADRO* PADA MATERI HIDROKARBON BERORIENTASI KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI

Oleh

SITI ZULAIKHA AFRIYANTI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi, mendeskripsikan validitas, karakteristik LKPD, tanggapan guru dan siswa terhadap LKPD, serta kendala yang ditemui selama pengembangan LKPD. Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain penelitian dan pengembangan menurut Borg & Gall sampai tahap kelima dari sepuluh tahap, yaitu penelitian dan pengumpulan informasi, perancangan produk, pengembangan produk awal, uji coba lapangan awal, dan revisi hasil uji coba. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari angket analisis kebutuhan guru dan siswa, angket validasi ahli, serta angket tanggapan guru dan siswa. Data yang diperoleh dari validator, guru, dan siswa dianalisis menggunakan metode analisis statistik deskriptif.

Karakteristik LKPD yang dikembangkan adalah tahapan pembelajaran mengikuti langkah-langkah pembelajaran pada pendekatan saintifik meliputi: mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosisasi, dan mengomunikasikan. Selain itu, LKPD melatih visualisasi struktur 3D senyawa hidrokarbon dengan *Software Avogadro* dan melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi. Hasil validasi ahli pada aspek kesesuaian isi dan keterbacaan memiliki kriteria tinggi, sedangkan pada aspek konstruksi memiliki kriteria sangat tinggi. Hasil tanggapan guru pada aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi serta tanggapan siswa pada aspek keterbacaan dan kemenarikan memiliki kriteria sangat tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan dikatakan valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran.

KATA KUNCI: LKPD, visualisasi molekul 3D, *Software Avogadro*, keterampilan berpikir tingkat tinggi, hidrokarbon

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS VISUALISASI MOLEKUL 3D
DENGAN *SOFTWARE* AVOGADRO PADA MATERI HIDROKARBON
BERORIENTASI KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

Oleh

SITI ZULAIKHA AFRIYANTI

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
2022**

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS VISUALISASI MOLEKUL 3D DENGAN SOFTWARE AVOGADRO PADA MATERI HIDROKARBON BERORIENTASI KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

Nama Mahasiswa : **Siti Zulaikha Afriyanti**

No. Pokok Mahasiswa : **1713023008**

Program Studi : **Pendidikan Kimia**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. Komisi Pembimbing

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

Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc.
NIP 19901206 201912 1001

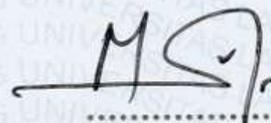
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

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

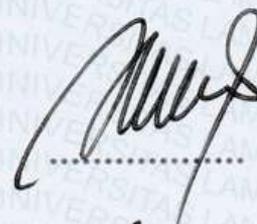
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

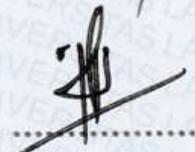
Ketua : Dr. M. Setyarini, M.Si.



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



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



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Patuan Raja, M.Pd.
NIP. 19620804 198905 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Juni 2022

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Zulaikha Afriyanti
Nomor Pokok Mahasiswa : 1713023008
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandarlampung, 15 Juni 2022



Menyatakan

Siti Zulaikha Afriyanti

NPM 1713023008

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sumberejo Kec. Way Jepara Kab. Lampung Timur pada tanggal 30 April 1999 sebagai putri pertama dari Bapak Mahfud dan Ibu Sugiyanti. Pendidikan formal penulis diawali di TK Pertiwi Sumberejo Kec. Way Jepara Kab. Lampung Timur dan lulus pada tahun 2005, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Labuhan Ratu Satu Kec. Way Jepara Kab. Lampung Timur dan lulus pada tahun 2011, kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 1 Way Jepara Kab. Lampung Timur dan lulus pada tahun 2014, selanjutnya diteruskan di SMA Negeri I Way Jepara Kab. Lampung Timur dan lulus pada tahun 2017.

Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Universitas Lampung FKIP Jurusan Pendidikan MIPA Program Studi Pendidikan Kimia. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan Unit Kegiatan Mahasiswa Jurusan Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (Himasakta) FKIP Unila, Badan Eksekutif Mahasiswa FKIP Unila. Tahun 2020 mengikuti program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SMA Negeri 1 Way Jepara dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kec. Labuhan Ratu Kab. Lampung Timur.

PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmanirrahim. Puji syukur ke hadirat Allah SWT. karena karunia dan rahmat-Nya skripsi ini dapat terselesaikan. Ku persembahkan goresan tinta ini kepada:

Bapak dan Mamak Tercinta

Untuk restu, pengorbanan, nasihat dan doa yang tak pernah putus

Keluarga Besar

Untuk dukungan, motivasi dan semangat yang tak ternilai

Rekanku, sahabatku, dan almamaterku

MOTTO

“You don't have to be great to start, but you have to start to be great.”

– Zig Ziglar

“Great things are not done by impulse, but by a series of small things brought together.” – Vincent van Gogh

“Jangan takut jatuh, kerana yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh. Jangan takut gagal, kerana yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah. Jangan takut salah, kerana dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua.” – Buya Hamka

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul "Pengembangan LKPD Berbasis Visualisasi Molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada Materi Hidrokarbon Berorientasi Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi" sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW. atas suri tauladan serta syafaat-Nya kepada seluruh umat manusia.

Penulis menyadari bahwa kemampuan dan pengetahuan penulis masih terbatas, maka adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Patuan Raja, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Ibu Lisa Tania, S.Pd, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia; Pembahas dan Validator atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam penyusunan skripsi
4. Ibu Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Pembimbing I dan Pembimbing Akademik atas kesediaan, keikhlasan, dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, dan kritik serta motivasi dalam proses perbaikan serta penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II atas kesediaannya memberi bimbingan, masukan, kritik dan saran dalam proses penyelesaian skripsi;

6. Ibu Dra. Ila Rosilawati, M.Si., selaku validator LKPD atas masukan dan perbaikan yang telah diberikan;
7. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA yang telah memfasilitasi penulis dalam menuntut ilmu selama lebih dari empat tahun ini;
8. Seluruh staf guru dan tata usaha SMAN 1 Way Jepara, MAN 1 Bandarlampung, SMAN 1 Bandarlampung, SMAN 10 Bandarlampung, dan SMAN 15 Bandarlampung atas kesediaan menerima penulis dalam penelitian;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi besar harapan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aaamiin.

Bandarlampung, Juni 2022

Penulis,



Siti Zulaikha Afriyanti

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
E. Ruang Lingkup Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Media Pembelajaran	10
B. Pendekatan Saintifik.....	12
C. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	15
D. Visualisasi Molekul 3D	18
E. <i>Software Avogadro</i>	20
F. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (<i>HOTS</i>).....	26
G. Penelitian yang Relevan	29
H. Analisis Konsep	30
III. METODE PENELITIAN	31
A. Desain	31
B. Sumber Data	32
C. Teknik Pengumpulan Data	32
D. Alur Penelitian	32
E. Langkah-Langkah Penelitian	34
F. Instrumen Penelitian.....	42
G. Teknik Analisis Data.....	45
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
A. Hasil Penelitian dan Pengumpulan Informasi.....	49
B. Hasil Perancangan Produk.....	53
C. Hasil Pengembangan Produk Awal.....	54
D. Hasil Uji Coba Lapangan Awal	76
E. Hasil Revisi Hasil Uji Coba.....	80
F. Karakteristik LKPD Hasil Pengembangan	81
G. Kendala-kendala dalam Pengembangan Produk.....	93

V. SIMPULAN DAN SARAN	94
A. Simpulan.....	94
B. Saran.....	95
 DAFTAR PUSTAKA.....	 96
 LAMPIRAN.....	 101
1. Analisis KI-KD	102
2. Analisis Konsep Materi Hidrokarbon	110
3. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).....	113
4. Hasil Persentase Angket Analisis Kebutuhan Guru.....	127
5. Hasil Persentase Angket Analisis Kebutuhan Siswa	133
6. Tabulasi Hasil Validasi Ahli Aspek Kesesuaian Isi	139
7. Persentase Hasil Validasi Ahli Aspek Kesesuaian Isi	148
8. Tabulasi Validasi Ahli Aspek Keterbacaan.....	153
9. Persentase Hasil Validasi Ahli Aspek Keterbacaan.....	156
10. Tabulasi Validasi Ahli Aspek Konstruksi	157
11. Hasil Persentase Validasi Ahli Aspek Konstruksi	159
12. Tabulasi Hasil Tanggapan Guru Aspek Kesesuaian Isi	160
13. Persentase Hasil Tanggapan Guru Aspek Kesesuaian Isi	169
14. Tabulasi Hasil Tanggapan Guru Aspek Keterbacaan	174
15. Persentase Hasil Tanggapan Guru Aspek Keterbacaan	177
16. Tabulasi Hasil Tanggapan Guru Aspek Konstruksi.....	178
17. Persentase Hasil Tanggapan Guru Asepek Konstruksi.....	180
18. Tabulasi Hasil Tanggapan Siswa Aspek Keterbacaan	181
19. Persentase Hasil Tanggapan Siswa Aspek Keterbacaan	184
20. Tabulasi Hasil Tanggapan Siswa Aspek Kemenarikan	185
21. Persentase Hasil Tanggapan Siswa Aspek Kemenarikan.....	188

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Keterkaitan antara langkah-langkah pembelajaran dengan kegiatan belajar dan maknanya.....	14
2. Beberapa <i>tool</i> pada <i>Software Avogadro</i> beserta fungsinya	22
3. Revisi Taksonomi Bloom.....	28
4. Penelitian yang relevan	29
5. Rancangan LKPD	36
6. Penskoran angket berdasarkan skala <i>Likert</i>	46
7. Tafsiran persentase angket	48
8. Kriteria validasi.....	48
9. Hasil validasi ahli terhadap LKPD yang dikembangkan	67
10. Hasil validasi ahli aspek kesesuaian isi terhadap LKPD yang dikembangkan.....	73
11. Hasil tanggapan guru terhadap LKPD yang dikembangkan	77
12. Hasil tanggapan guru aspek kesesuaian isi terhadap LKPD yang dikembangkan.....	78
13. Hasil tanggapan siswa terhadap LKPD yang dikembangkan.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tampilan awal <i>Software Avogadro</i>	21
2. Visualisasi 3D molekul butana pada <i>Software Avogadro</i>	23
3. Jendela sifat molekul.....	23
4. Jendela sifat atom.....	24
5. Jendela sifat ikatan	25
6. Jendela sifat sudut ikatan.....	26
7. Langkah-langkah penelitian dan pengembangan menurut Borg & Gall (1989).....	31
8. Alur penelitian dan pengembangan LKPD berbasis visualisasi 3D molekul dengan <i>Software Avogadro</i> pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi	33
9. Tanggapan guru terhadap penggunaan LKPD pada materi hidrokarbon.....	51
10. Tanggapan guru terhadap karakteristik LKPD yang digunakan pada materi hidrokarbon.....	52
11. Tanggapan siswa terhadap penggunaan LKPD pada materi hidrokarbon	52
12. Tanggapan siswa terhadap karakteristik LKPD yang digunakan pada materi hidrokarbon.....	53
13. <i>Cover</i> luar LKPD	55
14. Kata pengantar LKPD	56
15. Daftar isi LKPD	57
16. Petunjuk umum penggunaan LKPD	58
17. Tampilan panduan penggunaan <i>Software Avogadro</i>	59
18. Contoh <i>cover</i> pembatas LKPD	60
19. Tampilan lembar yang berisi identitas LKPD, KI-KD, dan indikator pencapaian kompetensi	61
20. Contoh tujuan pembelajaran LKPD	62
21. Contoh tampilan tahap mengamati dan menanya	63

22. Contoh tampilan tahap mengumpulkan informasi.....	64
23. Contoh tampilan tahap mengasosiasi.....	65
24. Contoh tampilan tahap mengomunikasikan	65
25. <i>Cover</i> belakang LKPD	66
26. Hasil validasi ahli aspek kesesuaian isi indikator kesesuaian isi LKPD dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada LKPD 1	68
27. Senyawa yang digunakan untuk mengetahui atom C 1°, 2°, 3°, dan 4° antara sebelum dan setelah revisi.....	69
28. Indikator keterampilan pada LKPD antara sebelum dan setelah revisi	70
29. Hasil validasi ahli aspek kesesuaian isi indikator kesesuaian isi LKPD dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada LKPD 2	71
30. Tahap mengasosiasi pada LKPD antara sebelum dan setelah revisi	71
31. Hasil validasi ahli aspek kesesuaian isi indikator kesesuaian isi LKPD dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada LKPD 3	72
32. Indikator pembelajaran LKPD 3 antara sebelum dan setelah revisi.....	72
33. Hasil validasi ahli aspek keterbacaan.....	74
34. <i>Cover</i> LKPD antara sebelum dan setelah revisi	75
35. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 1 submateri 1.....	83
36. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 1 submateri 1	83
37. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 1 submateri 2.....	84
38. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 1 submateri 2	84
39. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 1 submateri 3.....	85
40. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 1 submateri 3	85
41. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 1 submateri 4.....	86
42. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 1 submateri 4	86
43. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 2.....	87
44. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 2	87
45. Contoh melatih indikator mengevaluasi pada LKPD 2	88
46. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 3 submateri 1.....	88
47. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 3 submateri 1	89
48. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 3 submateri 2.....	89
49. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 3 submateri 2	90
50. Contoh melatih indikator mengevaluasi pada LKPD 3 submateri 2	90
51. Contoh memanfaatkan <i>Software Avogadro</i> pada LKPD 3 submateri 3.....	91

52. Contoh melatih indikator menganalisis pada LKPD 3 submateri 3	91
53. Contoh melatih indikator mencipta pada LKPD	92

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kini dunia telah memasuki era revolusi industri 4.0, tidak terkecuali di Indonesia. Hal ini berpengaruh dalam berbagai sektor kehidupan manusia, salah satunya pada sektor pendidikan. Sejalan dengan Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional, pemerintah telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan mutu sumber daya manusia sebagai bekal menyongsong perkembangan sains dan teknologi, serta untuk memenuhi kebutuhan masa depan. Salah satu upaya pemerintah tersebut adalah dengan menyempurnakan kurikulum secara berkala hingga menjadi kurikulum 2013 yang digunakan saat ini. Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 menjelaskan pembelajaran peserta didik pada tingkatan pendidikan dasar dan menengah disusun berdasarkan rencana pelaksanaan pembelajaran kurikulum 2013 dengan memunculkan 4 macam kegiatan yang terdiri dari pendidikan penguatan karakter, peningkatan keterampilan literasi, keterampilan pada abad 21 yang disebut 4C (*Communication, Collaboration, Critical Thinking & Problem Solving, and Creativity & Innovation*), serta keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order of Thinking Skill/HOTS*) (Depdiknas, 2014).

Memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi artinya siswa mampu menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang dimiliki dalam membuat keputusan untuk memecahkan masalah pada situasi baru (Rofiah dkk., 2013). Keterampilan berpikir tingkat tinggi seharusnya dilatihkan kepada siswa agar siswa memperoleh bekal untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi tantangan hidup ke depan yang tentunya lebih kompleks. Selain itu, keterampilan berpikir tingkat tinggi dibutuhkan siswa untuk meningkatkan hasil belajar (Janah, 2019).

Ironisnya pencapaian hasil belajar siswa Indonesia khususnya di bidang sains masih dibawah rata-rata internasional. Menurut studi internasional mengenai kemampuan kognitif siswa, yaitu *TIMSS (Trends in Mathematics and Science Study)* yang diadakan oleh *IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement)*, di tahun 2015 Indonesia memperoleh nilai 397 dan menempatkan Indonesia pada peringkat 44 dari 47 negara peserta (Martin *et al.*, 2016). Laporan studi *Programme for International Student Assessment (PISA)* yang diselenggarakan oleh *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* menyatakan pada tahun 2018 Indonesia berada di peringkat ke 71 dari 79 negara (OECD, 2019). Padahal soal *HOTS* merupakan jenis soal standar yang digunakan dalam tes ini. Hasil *TIMSS* dan *PISA* menunjukkan bahwa keterampilan berpikir tingkat tinggi dan daya serap siswa Indonesia dalam pembelajaran sains masih rendah. Salah satu pelajaran yang termasuk ranah sains adalah pelajaran kimia.

Pada pelajaran kimia, siswa mempelajari komposisi suatu materi, berupa susunan atau struktur, sifat, dan perubahan yang terjadi pada konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak. Salah satu materi kimia dengan konsep yang bersifat abstrak adalah materi senyawa hidrokarbon. Berdasarkan Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018 Tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran pada Kurikulum 2013 pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah, KD 3.1 menuntut siswa untuk mampu menganalisis struktur dan sifat senyawa hidrokarbon berdasarkan kekhasan atom karbon dan penggolongan senyawanya. KD 4.1 menuntut siswa memiliki keterampilan membuat model visual berbagai struktur molekul hidrokarbon yang memiliki rumus molekul yang sama (Depdiknas, 2018). Materi senyawa hidrokarbon merupakan materi dasar kimia karbon yang harus dikuasai dengan benar oleh siswa agar mereka tidak menemui kesulitan dalam mempelajari materi kimia karbon selanjutnya, seperti makromolekul. Dalam usaha untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran kimia, khususnya materi hidrokarbon di sekolah, tak luput dari penggunaan media pembelajaran seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) (Munirah, 2014).

Berdasarkan penelitian pendahuluan dengan cara pengisian angket melalui *Google Form* oleh tiga guru dan 80 siswa dari tiga SMA di Provinsi Lampung, terungkap bahwa masih terdapat guru yang tidak menggunakan LKPD dalam membelajarkan materi hidrokarbon. Sementara itu, responden guru lain menyatakan LKPD yang digunakan sebagian besar masih menggunakan struktur 2D serta *ball & stick* tidak berwarna dalam memvisualisasikan struktur hidrokarbon. Sebagian responden guru menyatakan mengalami kendala saat memvisualisasikan bentuk rantai karbon pada siswa agar mirip dengan bentuk yang sebenarnya. Hal ini dikarenakan responden guru belum mengenal *software* kimia berbasis visualisasi 3D molekul, misalnya *Software Avogadro*. Usaha maksimal yang selama ini bisa dilakukan guru untuk memvisualisasikan molekul 3D senyawa hidrokarbon adalah penggunaan *molymood*. Beberapa kelebihan *molymood* dibanding gambar 2D antara lain warna unsur-unsur dapat dibedakan, menunjukkan bentuk molekul, misalnya tetrahedral. Meskipun demikian, *molymood* masih memiliki kekurangan antara lain sifatnya yang statis, ukuran unsur-unsur sama, panjang dan sudut ikatan tidak diketahui serta memerlukan waktu lebih dalam membangun suatu senyawa hidrokarbon.

Di sisi lain, responden siswa menyatakan belum pernah memanfaatkan *Software Avogadro* dalam pembelajaran materi hidrokarbon. Dalam membuat visual berbagai struktur hidrokarbon, umumnya mereka menggambarkannya dalam 2D, sehingga bentuk struktur hidrokarbon yang dihasilkan tidak mendekati bentuk yang sebenarnya. Siswa tidak dapat membedakan panjang dan sudut ikatan dalam suatu struktur hidrokarbon, sehingga siswa tidak dapat menganalisis penyebab perbedaan panjang dan sudut ikatan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD yang digunakan belum melatih indikator HOTS pada siswa. Oleh karena itu, LKPD yang dibutuhkan siswa agar dapat memvisualisasikan struktur hidrokarbon dalam 3D sekaligus melatih indikator HOTS pada siswa adalah LKPD yang memanfaatkan *software* kimia berbasis visualisasi 3D molekul. Saat ini telah banyak tersedia *software* kimia berbasis *open source* yang membebaskan biaya lisensi akademik dan dapat dimanfaatkan selaras dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

Salah satu *software* yang berpotensi mendukung tujuan pembelajaran materi hidrokarbon adalah *Software Avogadro*. *Software* ini termasuk program penggambaran struktur molekul 3D yang berbasis *open source* dan dapat diunduh pada laman web <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/>. *Software Avogadro* merupakan *software* visualisasi dan editor molekul yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari Universitas Pittsburgh di Pennsylvania. *Software* ini dimaksudkan tidak hanya untuk penelitian, tetapi juga untuk penggunaan pendidikan (Cornell & Hutchison, 2015). *Software Avogadro* dapat membantu guru melatih siswa dalam memvisualisasikan stuktur molekul 3D senyawa hidrokarbon dan sekaligus dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Beberapa studi telah melaporkan mengenai penggunaan *Software Avogadro* dalam pembelajaran kimia, seperti penelitian yang dilakukan oleh Yuanita dkk. (2018) yang menyatakan bahwa penggunaan *Software Avogadro* dapat meningkatkan pemahaman dan minat siswa dalam bidang kimia. Selain itu, Dewita (2020) melaporkan bahwa dengan menggunakan *Software Avogadro*, hasil belajar siswa pada materi bentuk molekul dapat meningkat secara signifikan. Rayan & Rayan (2017) juga melaporkan bahwa kebermaknaan, minat dan pemahaman siswa dalam pembelajaran kimia meningkat karena penggunaan *Software Avogadro*. Penelitian yang dilakukan oleh Hasby (2018) menyatakan bahwa penggunaan media visualisasi menggunakan *Software Avogadro* untuk menggambarkan bentuk molekul secara 3D terbukti dapat menarik minat belajar dan pemahaman siswa. Namun, sampai saat ini belum ditemukan studi yang melaporkan pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Melalui pengembangan suatu LKPD yang menggunakan pendekatan saintifik meliputi: mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan, dapat dilakukan usaha untuk memanfaatkan *Software Avogadro* untuk memvisualisasikan molekul 3D senyawa hidrokarbon sekaligus melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Pemanfaatan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon dapat dilakukan ketika siswa membuat struktur molekul 3D beberapa senyawa hidrokarbon. Kemudian

mengisi tabel mengenai panjang ikatan, sudut ikatan, dan momen dipol senyawa yang datanya diperoleh dari *Software Avogadro*. Indikator menganalisis dapat dilatihkan pada tahap pembelajaran mengasosiasi ketika siswa mengaitkan data panjang ikatan dan sudut ikatan dengan perbedaan jenis ikatan kovalen antar atom C pada senyawa hidrokarbon. Melalui *Software Avogadro* siswa juga dapat mengetahui nama IUPAC suatu senyawa hidrokarbon yang dapat dilihat pada menu *view*. Kemudian siswa dapat dilatihkan indikator mengevaluasi yakni pada tahap pembelajaran mengasosiasi ketika siswa membuktikan kesesuaian nama senyawa hidrokarbon antara yang bersumber dari buku literatur dengan yang disajikan pada *Software Avogadro*. Menu *view* pada *Software Avogadro* juga menyediakan data rumus molekul dan berat molekul. Dengan data tersebut siswa dapat dilatihkan indikator menganalisis yakni pada tahap pembelajaran mengasosiasi siswa menganalisis persamaan dan perbedaan beberapa senyawa hidrokarbon dan isomernya untuk menyimpulkan pengertian isomer, isomer kerangka, geometri dan posisi. Setelah siswa mengetahui pengertian isomer, indikator mencipta dapat dilatihkan pada tahap pembelajaran mengasosiasi ketika siswa membangun isomer-isomer senyawa hidrokarbon dari suatu rumus molekul. Selain itu, masih banyak lagi pemanfaatan *Software Avogadro* dalam materi hidrokarbon dan indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dapat dilatihkan pada siswa. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana validitas LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan?

2. Bagaimana karakteristik LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan?
3. Bagaimana tanggapan guru terhadap LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan?
4. Bagaimana tanggapan siswa terhadap LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan?
5. Apa kendala yang ditemui selama menyusun LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi;
2. Mendeskripsikan validitas LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan;
3. Mendeskripsikan karakteristik LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan;
4. Mendeskripsikan tanggapan guru terhadap LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan;
5. Mendeskripsikan tanggapan siswa terhadap LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan;

6. Mendeskripsikan hal-hal yang menjadi kendala dalam penyusunan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan.

D. Manfaat Penelitian

Pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi diharapkan dapat berguna bagi:

1. Siswa

Tersedianya LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi ini dapat memberikan pengalaman menggunakan *Software Avogadro* sehingga memudahkan siswa dalam memvisualisasikan struktur 3D senyawa hidrokarbon dan dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

2. Guru

Tersedianya LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi ini dapat menjadi referensi media pembelajaran yang memanfaatkan *software* visualisasi 3D dalam membelajarkan materi kimia. Selain itu, guru terbantu dalam memvisualisasikan struktur 3D senyawa hidrokarbon dan sekaligus melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

3. Sekolah

Tersedianya LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi ini dapat menjadi salah satu alat pendidikan yang digunakan secara langsung dalam proses pembelajaran kimia sehingga dapat meningkatkan mutu pembelajaran kimia di sekolah.

4. Peneliti Lain

Tersedianya LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan LKPD dalam pembelajaran kimia di SMA menggunakan *software* visualisasi molekul 3D pada materi kimia lain dan melatih keterampilan yang lain.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi suatu produk pendidikan (Borg & Gall, 1989). Dalam penelitian ini produk yang dikembangkan yaitu LKPD.
2. LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah lembar kegiatan proses pembelajaran untuk menemukan konsep hidrokarbon melalui teori, demonstrasi, maupun penyelidikan yang disertai dengan petunjuk dan prosedur kerja yang jelas dalam menyelesaikan tugas sesuai dengan indikator pembelajaran pada KD 3.1 dan 4.1 kelas XI IPA (Firdaus & Wilujeng, 2018). Dalam penelitian ini LKPD yang dikembangkan melatih siswa memvisualisasikan struktur molekul 3D senyawa hidrokarbon dan sekaligus melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.
3. Kemampuan berpikir tingkat tinggi (*High Order Thinking Skills/HOTS*) adalah kemampuan untuk menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan memecahkan masalah pada situasi baru (Rofiah dkk., 2013). Keterampilan berpikir tingkat tinggi terdiri dari 3 aspek, yaitu menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mencipta (C6) (Anderson & Krathwohl, 2001).
4. Indikator *HOTS* yang dilatihkan pada LKPD yang akan dikembangkan antara lain menganalisis struktur suatu hidrokarbon meliputi jenis atom C (primer,

sekunder, tersier, dan kuartern), golongan suatu hidrokarbon, perbedaan panjang dan sudut ikatan, membandingkan nama senyawa hidrokarbon dari buku literatur dengan *Software Avogadro*, memprediksi sifat fisik senyawa hidrokarbon, serta membangun isomer-isomer senyawa hidrokarbon dari suatu rumus molekul.

5. *Software Avogadro* yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari Universitas Pittsburgh di Pennsylvania. *Software* ini memiliki fitur visualisasi molekul sangat bagus dan akan membantu dalam memvisualisasikan struktur 3D senyawa hidrokarbon (Cornell & Hutchison, 2015). *Software* ini termasuk program penggambaran struktur molekul 3D yang berbasis *open source* dan dapat diunduh pada laman *web* <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/>.
6. LKPD dikatakan dinyatakan valid apabila memenuhi kriteria persentase produk hasil validasi ahli sebesar 76-100% yang artinya layak dan tidak perlu revisi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Media Pembelajaran

Kata media berasal dari bahasa latin “medium” yang secara harafiah berarti tengah, perantara atau pengantar. Heinich *et al.* (1982) mengungkapkan bahwa media membawa informasi antara sumber dan penerima, dan bertujuan untuk memfasilitasi komunikasi kedua belah pihak. Mayer (2001) menjelaskan bahwa istilah media merujuk kepada presentasi bahan atau materi menggunakan kata-kata dan gambar-gambar. Istilah media berlaku untuk berbagai kegiatan, misalnya digunakan dalam bidang pendidikan sehingga istilahnya menjadi media pendidikan atau media pembelajaran. Secara khusus pengertian media dalam proses belajar mengajar lebih cenderung diartikan sebagai alat tulis grafis, fotografis atau elektronik untuk menangkap, memproses, dan menyusun kembali informasi visual atau verbal (Arsyad, 2017).

Media pembelajaran adalah alat yang dapat membantu proses belajar mengajar dan berfungsi untuk memperjelas makna pesan yang disampaikan, sehingga dapat mencapai tujuan pembelajaran dengan lebih baik dan sempurna (Kustandi & Sutjipto, 2011). Sementara itu, menurut Musfiqon (2012) media pembelajaran merupakan alat bantu berupa fisik maupun nonfisik yang dapat digunakan sebagai perantara guru dengan siswa dalam memahami materi agar lebih efektif dan efisien. Adapun pengertian media pembelajaran menurut Hamdani (2011) adalah media yang membawa pesan-pesan atau informasi yang bertujuan instruksional atau mengandung maksud-maksud pengajaran. Dengan adanya media pembelajaran dimaksudkan dapat mempermudah guru dalam menyampaikan materi kepada siswa, sehingga dapat mempertinggi efektifitas dan efisien dalam mencapai tujuan pembelajaran (Pratomo & Irawan, 2015).

Ada tiga jenis media pembelajaran menurut Sanjaya (2006), antara lain pertama, media auditif, yaitu media yang hanya dapat didengar saja, atau media yang hanya memiliki unsur suara, seperti radio dan rekaman suara. Kedua media visual, yaitu media yang dapat dilihat saja, seperti *slide*, foto, transaransi, lukisan, gambar dan berbagai bentuk bahan yang dicetak seperti media grafis. Ketiga media audio-visual, yaitu jenis media yang selain mengandung unsur suara juga mengandung unsur gambar yang dapat dilihat, misalnya rekaman video, film, *slide* suara dan lain sebagainya.

Sementara itu, Arsyad (2017) mengelompokkan jenis media pembelajaran berdasarkan perkembangan teknologi yang dikelompokkan menjadi 4 yaitu:

- 1) Media hasil teknologi cetak, meliputi buku dan materi visual statis terutama melalui proses pencetakan mekanis atau fotografis.
- 2) Media hasil teknologi audio-visual, meliputi pemakaian proyektor film, *tape recorder*, dan proyektor visual yang lebar.
- 3) Media hasil teknologi yang berdasarkan komputer, merupakan cara menghasilkan atau menyampaikan materi dengan menggunakan sumber-sumber berbasis mikroprosesor. Penggunaan dapat berupa *hardware* maupun *software*.
- 4) Media hasil gabungan teknologi cetak dan komputer, menggabungkan pemakaian beberapa bentuk media yang dikendalikan oleh komputer.

Media pembelajaran merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pendidikan di sekolah. Melalui media pembelajaran guru akan lebih mudah dalam menyampaikan materi dan siswa akan lebih terbantu dan mudah belajar. Media pembelajaran adalah perantara yang membawa pesan atau informasi antara sumber dan penerima. Media pembelajaran atau materi pembelajaran secara garis besar terdiri dari pengetahuan, keterampilan dan sikap yang harus dipelajari oleh siswa dalam rangka mencapai standar kompetensi yang telah ditentukan (Depdiknas, 2006).

Fungsi media pembelajaran menurut Levie & Lentz dalam Arsyad (2017) dibagi menjadi empat, yaitu fungsi atensi, fungsi afektif, fungsi kognitif, dan fungsi kompensatoris. Fungsi atensi berarti media pembelajaran berfungsi untuk menarik perhatian dari siswa dan mengarahkan perhatian tersebut sehingga siswa dapat lebih fokus dan berkonsentrasi memperhatikan isi dari materi pembelajaran yang berkaitan dengan makna visual yang ditampilkan. Fungsi afektif bekerja dengan memanfaatkan aspek visual dari media pembelajaran yang ditampilkan untuk

menarik fokus perhatian siswa sehingga dapat terlihat dari tingkat antusias siswa ketika belajar teks yang bergambar. Selanjutnya fungsi kognitif pada media pembelajaran berarti bahwa media berfungsi untuk membantu siswa mengingat dan memahami informasi atau isi materi pembelajaran yang ingin dicapai dengan memanfaatkan aspek visual yang ada pada media. Di sisi lain, fungsi kompensatoris berarti media berfungsi untuk membantu siswa yang kurang cepat dalam memahami informasi atau isi pelajaran dengan teks biasa menjadi dimudahkan dengan adanya bantuan visual.

Sudjana & Rivai (2005) mengemukakan manfaat dari media pembelajaran dalam proses pembelajaran, yaitu:

- a) Pembelajaran menjadi lebih menarik perhatian siswa sehingga dapat menumbuhkan motivasi belajar.
- b) Bahan pembelajaran menjadi lebih jelas dan bermakna sehingga dapat dipahami oleh siswa dan memungkinkannya menguasai dan mencapai tujuan pembelajaran.
- c) Metode mengajar dapat lebih bervariasi, tidak semata-mata komunikasi verbal melalui penuturan kata-kata oleh guru.
- d) Siswa lebih banyak melakukan kegiatan belajar sebab tidak hanya mendengarkan uraian guru, tetapi juga mendukung terjadinya aktivitas lain seperti mengamati, melakukan, mendemonstrasikan, memerankan, dan lain-lain.

Agar media pembelajaran benar-benar digunakan untuk membelajarkan siswa, maka ada sejumlah prinsip yang harus diperhatikan, diantaranya (Sudjana & Rivai, 2005):

- a) Media yang akan digunakan oleh guru harus sesuai dan diarahkan untuk mencapai tujuan pembelajaran.
- b) Media yang digunakan harus sesuai dengan materi pembelajaran
- c) Media pembelajaran harus sesuai dengan minat, kebutuhan dan kondisi siswa.
- d) Media yang digunakan harus memperhatikan eektivitas dan efesien.
- e) Media pembelajaran yang digunakan harus sesuai dengan kemampuan guru dalam mengoprasikannya.

B. Pendekatan Saintifik

Pendekatan saintifik adalah pembelajaran yang menggunakan kaidah-kaidah keilmuan. Pendekatan saintifik atau metode ilmiah pada umumnya memuat

serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi, menanya, eksperimen, mengolah informasi atau data, kemudian mengkomunikasikan (Depdiknas, 2014). Menurut Hosnan (2014), pendekatan saintifik adalah proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa agar peserta didik secara aktif mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan mengamati (untuk mengidentifikasi atau menemukan masalah), merumuskan masalah, mengajukan atau merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan, dan mengkomunikasikan konsep, hukum atau prinsip yang ditemukan.

Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik memiliki karakteristik, prinsip, dan tujuan. Menurut Hosnan (2014) karakteristik pendekatan saintifik antara lain berpusat pada peserta didik, melibatkan keterampilan proses sains dalam mengkonstruksi konsep; hukum; atau prinsip, melibatkan proses kognitif yang potensial merangsang perkembangan intelek (keterampilan berpikir), serta dapat mengembangkan karakter peserta didik. Selain karakteristik, Hosnan (2014) juga menyebutkan prinsip-prinsip pembelajaran dengan pendekatan saintifik yaitu: 1) Pembelajaran berpusat pada siswa; 2) Pembelajaran membentuk *students self concept*; 3) Pembelajaran terhindar dari verbalisme; 4) Pembelajaran memberikan kesempatan pada siswa untuk mengasimilasi dan mengakomodasi konsep, hukum, dan prinsip; 5) Pembelajaran mendorong terjadinya peningkatan kemampuan berpikir siswa; 6) Pembelajaran meningkatkan motivasi belajar siswa dan motivasi mengajar guru; 7) Memberikan kesempatan pada siswa untuk melatih kemampuan dalam komunikasi; 8) Adanya proses validasi terhadap konsep, hukum, dan prinsip yang dikonstruksi siswa dalam struktur kognitifnya.

Tujuan pendekatan saintifik dalam pembelajaran antara lain untuk meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik, membentuk kemampuan dalam menyelesaikan masalah secara sistematis, menciptakan kondisi pembelajaran supaya peserta didik merasa bahwa belajar merupakan suatu kebutuhan, melatih peserta didik dalam mengemukakan ide-ide, meningkatkan hasil belajar peserta didik, dan mengembangkan karakter peserta didik (Hosnan, 2014). Pendekatan saintifik memiliki beberapa tahapan pelaksanaan dalam proses belajar mengajar.

Menurut Permendikbud Nomor 81 A Tahun 2013 Lampiran IV, proses pembelajaran terdiri dari lima pengalaman belajar pokok. Tabel 1 menunjukkan kelima langkah pembelajaran dan keterkaitan dengan kegiatan belajar serta maknanya.

Tabel 1. Keterkaitan antara langkah-langkah pembelajaran dengan kegiatan belajar dan maknanya (Depdiknas, 2013)

Langkah-langkah pembelajaran	Kegiatan belajar	Kompetensi yang dikembangkan
Mengamati	Membaca, mendengar, menyimak, melihat (tanpa atau dengan alat)	Melatih kesungguhan, ketelitian, mencari informasi
Menanya	Mengajukan pertanyaan tentang informasi yang tidak dipahami dari apa yang diamati atau pertanyaan untuk mendapatkan informasi tambahan tentang apa yang diamati (dimulai dari pertanyaan faktual sampai ke pertanyaan yang bersifat hipotetik)	Mengembangkan kreativitas, rasa ingin tahu, kemampuan merumuskan pertanyaan untuk membentuk pikiran kritis yang perlu untuk hidup cerdas dan belajar sepanjang hayat
Mengumpulkan informasi/eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan eksperimen • Membaca sumber lain selain buku teks • Mengamati objek/kejadian • Aktivitas • Wawancara dengan narasumber 	Mengembangkan sikap teliti, jujur, sopan, menghargai pendapat orang lain, kemampuan berkomunikasi, menerapkan kemampuan mengumpulkan informasi melalui berbagai cara yang dipelajari, mengembangkan kebiasaan belajar, dan belajar sepanjang hayat
Mengasosiasikan/ mengolah informasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengolah informasi yang sudah dikumpulkan baik terbatas dari hasil kegiatan mengumpulkan/eksperimen maupun hasil dari kegiatan mengamati dan kegiatan mengumpulkan informasi. • Pengolahan informasi yang dikumpulkan dari yang bersifat menambah keluasan dan kedalaman sampai kepada pengolahan informasi yang bersifat mencari solusi dari berbagai sumber yang memiliki pendapat yang berbeda sampai kepada yang bertentangan 	Mengembangkan sikap jujur, teliti, disiplin, taat aturan, kerja keras, kemampuan menerapkan prosedur dan kemampuan berfikir induktif serta deduktif dalam menyimpulkan
Mengkomunikasikan	Menyampaikan hasil pengamatan, kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya	Mengembangkan sikap jujur, teliti, toleransi, kemampuan berpikir sistematis, mengungkapkan pendapat dengan singkat dan jelas, dan mengembangkan kemampuan berbahasa yang baik dan benar

C. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik (LKPD) awalnya dikenal dengan sebutan Lembar Kerja Siswa (LKS). Lembar kerja peserta didik merupakan salah satu bentuk panduan belajar digunakan dalam pembelajaran yang berfungsi sebagai panduan belajar peserta didik dan memudahkan peserta didik dalam melakukan kegiatan belajar mengajar (Hairudin dkk., 2016). LKPD adalah lembar kegiatan proses pembelajaran untuk menemukan konsep IPA melalui teori, demonstrasi, maupun penyelidikan yang disertai dengan petunjuk dan prosedur kerja yang jelas dalam menyelesaikan tugas sesuai dengan indikator pembelajaran yang ingin dicapai (Firdaus & Wilujeng, 2018).

Menurut Yuberti (2014), LKPD adalah materi ajar yang sudah dikemas sedemikian rupa, sehingga peserta didik diharapkan dapat memahami materi ajar tersebut secara mandiri. Dalam LKPD, peserta didik akan mendapatkan materi, ringkasan, dan tugas yang berkaitan dengan materi. Sementara itu, Prastowo (2014) menjelaskan bahwa LKPD adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik yang isinya berupa petunjuk atau langkah-langkah penyelesaian suatu tugas sesuai kompetensi yang akan dicapai. LKPD memuat pula pertanyaan yang menyusun proses penalaran menjadi langkah-langkah sistematis untuk membimbing siswa dalam penalaran ilmiah guna membangun pemahaman konseptual (Barniol *et al.*, 2016).

Menurut Prastowo (2015) jika dilihat dari segi tujuan disusunnya LKPD, maka LKPD dapat dibagi menjadi lima macam bentuk, yaitu:

1. LKPD yang membantu peserta didik menemukan suatu konsep
2. LKPD yang membantu peserta didik menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang telah ditemukan
3. LKPD yang berfungsi sebagai penuntun belajar
4. LKPD yang berfungsi sebagai penguatan
5. LKPD yang berfungsi sebagai petunjuk praktikum

Selain itu, Prastowo (2015) juga menjelaskan bahwa LKPD memiliki komponen-komponen penyusunan yang meliputi judul LKPD, petunjuk belajar, kompetensi

yang akan dicapai, informasi pendukung, tugas-tugas dan langkah kerja serta penilaian atau asesmen.

Menurut Siddiq dkk. (2008), penyusunan LKS atau LKPD harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Syarat didaktik, LKPD sebagai salah satu bentuk sarana berlangsungnya proses belajar mengajar haruslah memenuhi persyaratan didaktik, artinya suatu LKPD harus mengikuti arus belajar-mengajar yang efektif, yaitu : memperhatikan adanya perbedaan individual, menekankan pada proses untuk menemukan konsep-konsep, memiliki variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan siswa, dapat mengembangkan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika pada diri siswa.
2. Syarat konstruksi yaitu syarat-syarat yang berkenaan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan. Syarat konstruksi LKPD yang baik adalah:
 - a. Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat kedewasaan siswa dan menggunakan struktur kalimat yang jelas;
 - b. Memiliki taat urutan pelajaran yang sesuai dengan tingkat kemampuan siswa, menghindari pertanyaan yang terlalu terbuka dan tidak mengacu pada buku sumber yang diluar kemampuan keterbacaan siswa;
 - c. Menyediakan ruang yang cukup untuk memberi keleluasaan pada siswa untuk menulis maupun menggambar pada LKPD, menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek, lebih banyak menggunakan ilustrasi daripada kata-kata;
 - d. Memiliki tujuan belajar yang jelas serta manfaat dari pelajaran itu sebagai sumber motivasi, mempunyai identitas untuk memudahkan.
3. Syarat teknis yang meliputi:
 - a. Tulisan
Menggunakan huruf cetak dan tidak menggunakan huruf latin atau roma-wi, menggunakan huruf tebal yang agak besar, bukan huruf biasa yang diberi garis bawah, menggunakan tidak lebih dari 10 kata dalam satu baris, menggunakan bingkai untuk membedakan kalimat perintah dengan

jawaban siswa, dan mengusahakan agar perbandingan besarnya huruf dengan besarnya gambar serasi.

b. Gambar

Gambar yang baik untuk LKPD adalah yang dapat menyampaikan pesan atau isi dari gambar tersebut secara efektif kepada pengguna LKPD. Gambar tersebut juga harus memiliki kejelasan isi atau pesan dari gambar itu secara keseluruhan.

c. Penampilan

Penampilan adalah hal yang sangat penting dalam sebuah LKPD. Apabila suatu LKPD ditampilkan dengan penuh kata-kata, kemudian ada deretan pertanyaan yang harus dijawab oleh siswa, hal ini akan menimbulkan kesan jenuh sehingga membosankan atau tidak menarik. Apabila ditampilkan dengan gambarnya saja, itu tidak mungkin karena pesannya atau isinya tidak akan sampai. Jadi yang baik adalah LKPD yang memiliki kombinasi antara gambar dan tulisan.

Langkah-langkah untuk mengembangkan LKPD dapat dilakukan sebagai berikut (Poppy, 2009):

1. Mengkaji materi yang akan dipelajari peserta didik yaitu KD dan Indikator belajar.
2. Mengidentifikasi jenis keterampilan proses yang akan dikembangkan pada saat pembelajaran.
3. Menentukan bentuk LKPD sesuai dengan materi yang akan dipelajari.
4. Merancang kegiatan yang akan ditampilkan pada lembar LKPD sesuai dengan keterampilan proses yang akan dikembangkan.
5. Mengubah rancangan menjadi LKPD dengan tata letak yang menarik, mudah dibaca dan digunakan.
6. Menguji coba LKPD apakah sudah dapat digunakan peserta didik untuk melihat kekurangan dari LKPD.
7. Merevisi kembali LKPD.

Menurut Trianto (2009), LKPD dapat berupa panduan untuk latihan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk pengembangan semua aspek pembelajaran dalam bentuk panduan eksperimen ataupun demonstrasi. Trianto (2009) menambahkan bahwa LKPD memuat sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya

pembentukan kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh.

Haqsari (2014) menjelaskan bahwa fungsi dan manfaat LKPD antara lain mengarahkan pengajaran atau memperkenalkan suatu kegiatan secara kongkret, mempercepat proses pengajaran, mengetahui materi yang dikuasai peserta didik, mengoptimalkan referensi belajar mengajar, membangkitkan minat dan motivasi peserta didik, mempermudah penyelesaian tugas perorangan atau kelompok, dan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah.

Tujuan penyusunan LKPD dalam hal ini, menurut Prastowo (2015) paling tidak ada empat poin yang menjadi tujuan penyusunan LKPD, yaitu menyajikan bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk berinteraksi dengan materi yang diberikan, menyajikan tugas-tugas yang meningkatkan penguasaan peserta didik terhadap materi yang diberikan, melatih kemandirian belajar peserta didik dan memudahkan pendidik dalam memberikan tugas kepada peserta didik.

D. Visualisasi Molekul 3D

Dalam memvisualisasikan suatu struktur molekul pada materi kimia, telah banyak model visualisasi yang digunakan dalam pembelajaran seperti gambar garis maupun *ball and stick* yang bersifat statis. Dalam buku teks kimia kebanyakan menggunakan gambar garis, sedangkan model *ball and stick* didemonstrasikan oleh guru. Terkadang setiap siswa diminta untuk membuat model molekul buatan untuk mempermudah pembelajaran. Model plastik ini sedemikian rupa sangat baik di zamannya, tetapi membutuhkan waktu cukup lama saat merakit sebuah model, dan terutama harus mengetahui struktur molekul terlebih dahulu sebelum seseorang benar-benar bisa membangunnya. Selain itu, model *ball and stick* tidak dapat menunjukkan informasi yang lengkap dan akurat yang berhubungan dengan suatu struktur molekul (Hichliffe, 2003).

Seiring berkembangnya teknologi, banyak penelitian yang dilakukan dengan memanfaatkan model visualisasi 3D pada suatu *software* untuk memberikan representasi dunia nyata. Program tersebut dipromosikan lebih unggul dibandingkan

dengan teknik pengajaran struktur molekul baik menggunakan rumus garis maupun menggunakan model fisik dengan sejumlah alasan. Menurut Satish & Mahendran (2019), visualisasi 3D memiliki nilai tambah dalam hal dimensi kedalaman untuk meningkatkan penggunaan visualisasi ruang. Visualisasi 3D memberikan informasi yang lebih akurat dalam sistem visual manusia. Kemampuan visualisasi 3D untuk interaksi pengguna diantaranya adalah interaksi untuk *zoom*, *rotate*, *displays in any angle* dan lain-lain.

Keunggulan penggunaan program komputer atau *software* dalam menampilkan struktur molekul dibandingkan penggambaran dengan rumus garis 2D adalah sebagai berikut (Hahre *et al.*, 1998):

- a. Model yang ditampilkan di layar komputer lebih terlihat dan berperilaku seperti molekul nyata. Memperlihatkan struktur dari berbagai sudut pandang, sehingga pengguna memperoleh informasi posisi atom, volume atom, disertai fitur menarik.
- b. Komputer dapat menghasilkan model akurat, sehingga memperkaya pengetahuan siswa tentang struktur yang mungkin terbatas, memberikan pengalaman menjelajahi daerah baru kimia.
- c. Merepresentasikan struktur spesies tertentu secara akurat, yang tidak mampu ditunjukkan secara utuh dengan gambar sederhana, seperti halnya muatan yang terdelokalisasi, ketidakstabilan geometri molekul, dan orientasi struktur dalam keadaan transisi. Pemodelan molekul dapat digunakan untuk memprediksi dan menampilkan berbagai sifat kimia dan fisika seperti energi, momen dipol, dan sebagainya.

Korakakis *et al.* (2012) mengatakan bahwa terdapat kriteria multimedia yang digunakan dalam pengembangan visualisasi 3D. Kriteria tersebut meliputi ilustrasi 3D, animasi 3D, animasi 3D interaktif menggunakan pemrograman dan gambar yang sesuai. Wu *et al.* (2010) menjelaskan bahwa visualisasi 3D memungkinkan orang-orang untuk melihat hal-hal yang tidak mungkin dilihat di dunia nyata dan mengamati hal-hal dari dunia nyata dengan cara yang tidak mungkin di dunia nyata. Dengan memberikan informasi spasial dalam visualisasi, maka dapat membuat langkah besar untuk menyatukan efek visual dan akuisisi informasi. Seorang ahli kimia membutuhkan visualisasi untuk kemajuan ilmu yang dipelajarinya, terutama kaitannya dengan molekul kimia yang kompleks. Visualisasi 3D sangat penting untuk memahami hubungan spasial antar atom dalam kimia (Bowen *et al.*, 2016).

Dengan demikian, komputer lebih dari sekedar alat tampilan struktur sederhana, tetapi menyediakan sarana memvisualisasikan, menyelidiki, dan mempelajari berbagai fenomena kimia. Teknologi dalam visualisasi 3D akan sangat bermanfaat untuk memvisualisasikan hal-hal yang tidak nyata dan menyediakan informasi lengkap terutama kaitannya dengan kimia. Peserta didik akan lebih tertarik dalam mengikuti pembelajaran sehingga mendorong daya imajinasi, rasa ingin tahunya semakin tinggi, dan merangsang daya fikirnya dalam memecahkan suatu permasalahan. Keuntungan ini menyiratkan bahwa penggunaan pemodelan komputer, baik untuk mengajarkan struktur dan sifat molekul.

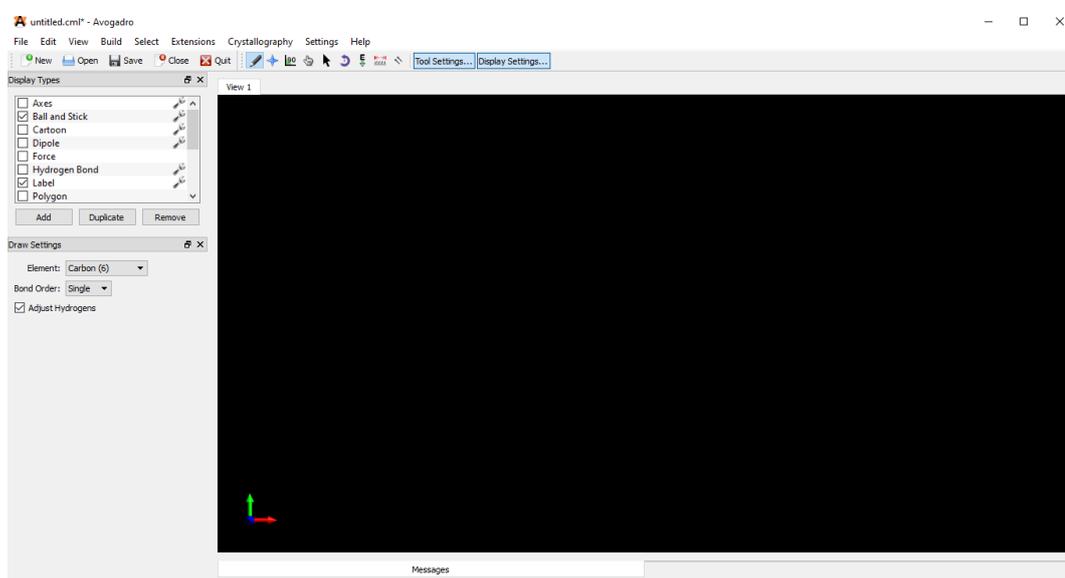
E. *Software Avogadro*

Software Avogadro merupakan aplikasi visualisasi dan editor molekul yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari Universitas Pittsburgh, Pennsylvania. *Software* ini termasuk program penggambaran struktur molekul 3D yang berbasis *open source* dan dapat diunduh pada laman web <https://sourceforge.net/projects/Avogadro/>. *Software Avogadro* dirancang untuk digunakan di *Mac*, *Windows*, dan *Linux* dalam kimia komputasi, pemodelan molekul, bioinformatika, bahan sains, dan bidang terkait (Milner *et al.*, 1987). Lebih jauh lagi, *Software Avogadro* dimaksudkan tidak hanya untuk penelitian pemodelan molekul, tetapi juga untuk penggunaan pendidikan. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pendidik di seluruh dunia menemukan pelajaran dan tip untuk menggunakan *Software Avogadro* dalam mengajar kimia. *Software* ini memiliki fitur visualisasi molekul yang sangat bagus dan akan sangat membantu siswa ketika belajar tentang teori *VSEPR* dan kimia organik (Cornell & Hutchison, 2015).

Software ini dapat digunakan oleh siswa untuk visualisasi dan simulasi molekul tiga dimensi. Siswa dapat meminimalkan struktur tersier mereka dan melihatnya dari setiap sudut dan perspektif yang dapat dibayangkan. *Avogadro* memiliki antarmuka grafis yang ramah bagi pemula. Siswa dapat dengan mudah menggambar dan melihat struktur molekul dari berbagai sudut dalam tiga dimensi. Selain itu, siswa juga dapat membuat struktur beraneka warna sesuai kehendak mereka agar terlihat lebih menarik. Hal ini mungkin mendorong mereka untuk

mulai mengajukan pertanyaan. Aplikasi ini dapat membawa siswa lebih dekat ke molekul, mengungkapkan detail pada tingkat mikroskopis, dan membawa mereka lebih dekat ke pemahaman yang lebih baik tentang hukum kimia, sifat kimia, reaksi kimia, dan fenomena kimia lainnya (Rayan & Rayan, 2017).

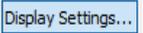
Setelah *Software Avogadro* diunduh dan dipasang pada perangkat komputer, pengguna dapat langsung membuka *software* dengan menyetuk dua kali pada ikon aplikasi tersebut yang biasanya berada di layar desktop. Ketika *Software Avogadro* telah terbuka, tampilan awal aplikasi ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan awal *Software Avogadro*.

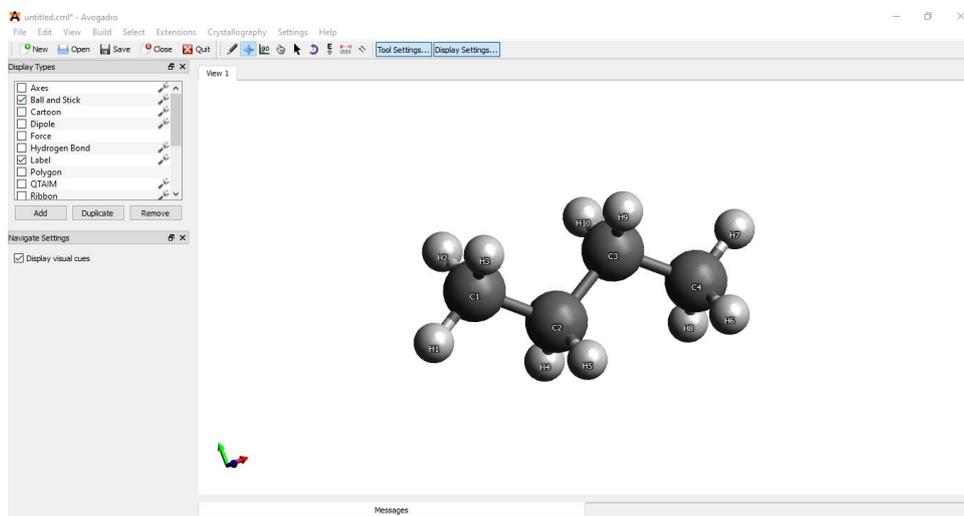
Sebelum membuat suatu struktur 3D molekul menggunakan *Software Avogadro*, perlu diketahui macam-macam *tool* dan menu yang tersedia beserta fungsinya masing-masing, sehingga mempermudah dan mempercepat proses pembuatan struktur molekul. Beberapa *tool* dari *Software Avogadro* beserta fungsinya masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Beberapa *tool* pada *Software Avogadro* beserta fungsinya

<i>Tool</i>	<i>Nama Tool</i>	<i>Fungsi</i>
	<i>Draw settings</i>	Membuat molekul serta membuat ikatan diantara atom-atom pada ruang gambar.
	<i>Navigate settings</i>	Merotasi dan <i>zoom in/out</i> desain molekul yang dibuat.
	<i>Bond centric manipulate settings</i>	Melihat sudut kemiringan molekul secara vertikal dan horizontal.
	<i>Manipulate settings</i>	Merotasi desain molekul pada gerakan yang bebas.
	<i>Selection settings</i>	Menyeleksi dan memindahkan desain molekul yang dibuat.
	<i>Auto rotate settings</i>	Menjalankan animasi rotasi ke berbagai arah sesuai dengan garis arah mouse
	<i>Auto optimization settings</i>	Mengoptimisasi desain molekul ke bentuk yang sebenarnya berdasarkan teori.
	<i>Measure settings</i>	Mengetahui panjang ikatan antar atom dan sudut ikatan.
	<i>Align settings</i>	Merotasi desain molekul yang kita buat ke beberapa arah.
	<i>Display settings</i>	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 di sebelah kiri bidang gambar.

Saat membuat struktur 3D dalam *Software Avogadro* biasanya struktur yang dibuat belum optimal, sehingga kita harus mengoptimalkan struktur tersebut agar bentuknya sesuai dengan teori. Untuk mengoptimalkannya bisa menggunakan langkah *Extension > Optimize Geometry* atau dengan *shortcut Ctrl+Alt+O*. Selain itu, warna ruang gambar juga dapat diubah sesuai keinginan dengan langkah *View > Set Background Color*. Saat kita membangun suatu struktur senyawa hidrokarbon, biasanya atom H akan otomatis terikat pada atom C yang telah dibuat. Hal ini dapat diatur pada *Tool Settings > Adjust Hydrogens*. Atom-atom yang terikat pada atom C juga dapat disesuaikan dengan keinginan melalui langkah *Tool Settings > Element > Others*.

Gambar 2 menunjukkan struktur molekul butana yang merupakan salah satu contoh senyawa hidrokarbon yang dapat digambarkan dengan *Software Avogadro*.



Gambar 2. Visualisasi 3D molekul butana pada *Software Avogadro*.

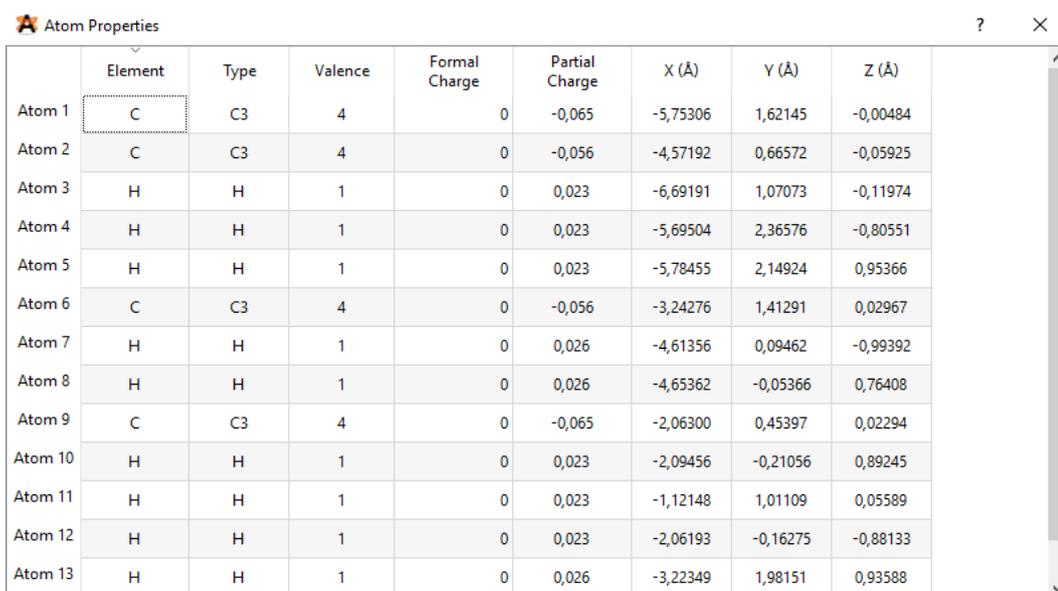
Setiap struktur 3D molekul hidrokarbon memiliki informasi masing-masing, begitu pula dengan struktur 3D molekul butana di atas. Berbagai informasi mengenai molekul tersebut dapat kita ketahui dengan memanfaatkan menu-menu yang tersedia pada *Software Avogadro*, misalnya menu *view*. Pada menu *view*, dapat diketahui sifat-sifat dari atom, ikatan maupun molekul yang dapat membantu siswa lebih memahami materi hidrokarbon. Berikut ini beberapa jendela yang menampilkan informasi lebih lanjut dari molekul butana tersebut.

Molecule Properties	
IUPAC Molecule Name:	butane
Molecular Weight (g/mol):	58,122
Chemical Formula:	C ₄ H ₁₀
Energy (kJ/mol):	-21,097
Estimated Dipole Moment (D):	0,001
Number of Atoms:	14
Number of Bonds:	13

Gambar 3. Jendela sifat molekul.

Jendela pertama pada menu *view properties* adalah jendela sifat molekul atau *molecule properties* yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada jendela tersebut tersedia beberapa informasi yang berhubungan dengan molekul butana, antara lain nama senyawa menurut IUPAC, berat molekul, rumus kimia, energi, momen dipol, jumlah atom dan jumlah ikatan. Informasi ini dapat membantu siswa dalam memprediksi sifat fisik suatu hidrokarbon, misalnya titik didih dan titik leleh. Pada senyawa hidrokarbon alkana rantai lurus, jika jumlah C dan H berbeda, maka berat molekulnya juga berbeda. Siswa dapat mengetahui bahwa semakin besar jumlah C dan H, maka berat molekul semakin besar sehingga titik didih dan titik leleh semakin tinggi.

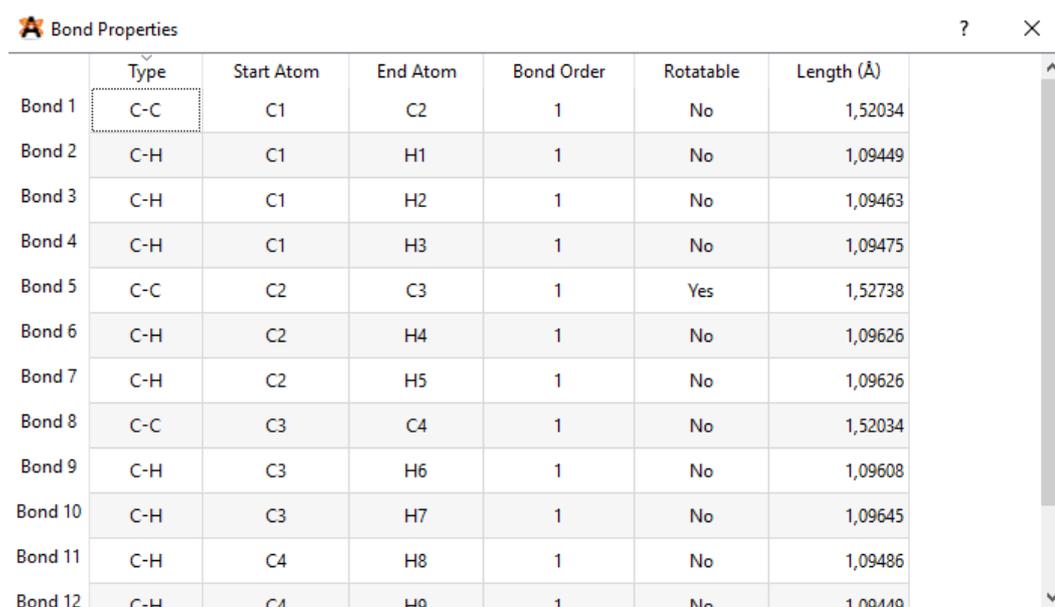
Selain itu, ketika materi pemberian nama suatu hidrokarbon, siswa dapat mengecek kesesuaian nama dengan strukturnya, sehingga meyakinkan siswa bahwa pasangan nama dan struktur yang dibuat telah benar. Untuk mengakses menu tersebut dapat menggunakan langkah *View > Properties > Molecule Properties*. Pastikan struktur 3D molekul hidrokarbon yang dibuat telah dioptimalisasi melalui menu *Optimize Geometry*. Hal ini juga berlaku untuk menu-menu *properties* lainnya.



Atom	Element	Type	Valence	Formal Charge	Partial Charge	X (Å)	Y (Å)	Z (Å)
Atom 1	C	C3	4	0	-0,065	-5,75306	1,62145	-0,00484
Atom 2	C	C3	4	0	-0,056	-4,57192	0,66572	-0,05925
Atom 3	H	H	1	0	0,023	-6,69191	1,07073	-0,11974
Atom 4	H	H	1	0	0,023	-5,69504	2,36576	-0,80551
Atom 5	H	H	1	0	0,023	-5,78455	2,14924	0,95366
Atom 6	C	C3	4	0	-0,056	-3,24276	1,41291	0,02967
Atom 7	H	H	1	0	0,026	-4,61356	0,09462	-0,99392
Atom 8	H	H	1	0	0,026	-4,65362	-0,05366	0,76408
Atom 9	C	C3	4	0	-0,065	-2,06300	0,45397	0,02294
Atom 10	H	H	1	0	0,023	-2,09456	-0,21056	0,89245
Atom 11	H	H	1	0	0,023	-1,12148	1,01109	0,05589
Atom 12	H	H	1	0	0,023	-2,06193	-0,16275	-0,88133
Atom 13	H	H	1	0	0,026	-3,22349	1,98151	0,93588

Gambar 4. Jendela sifat atom.

Selanjutnya, terdapat jendela sifat atom atau *atom properties* yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada jendela ini terdapat beberapa informasi yang berhubungan dengan sifat atom-atom pada suatu struktur hidrokarbon, antara lain unsur-unsur penyusun suatu hidrokarbon, elektron valensi, muatan formal dan muatan parsial unsur-unsur tersebut. Informasi ini dapat membantu siswa ketika mempelajari kekhasan atom C. Siswa dapat mengidentifikasi elektron valensi atom C yaitu berjumlah empat. Dengan demikian siswa dapat mengetahui bahwa setiap atom C dapat membentuk ikatan valensi dengan empat atom lain. Selain itu, siswa juga dapat mengidentifikasi unsur-unsur penyusun hidrokarbon, sehingga siswa dapat menyimpulkan pengertian senyawa hidrokarbon. Untuk mengakses menu tersebut dapat menggunakan langkah *View > Properties > Atom Properties*.

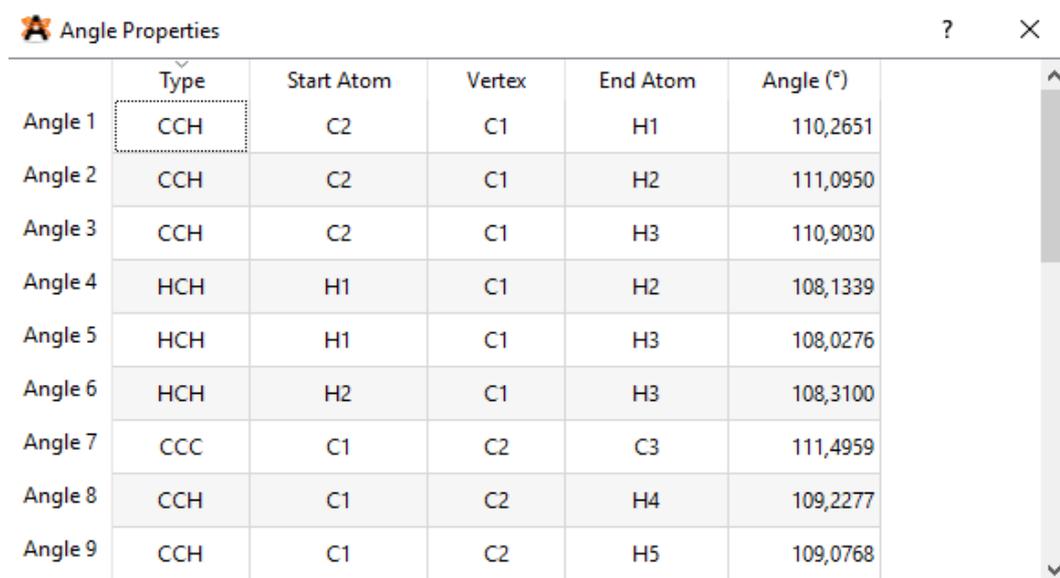


	Type	Start Atom	End Atom	Bond Order	Rotatable	Length (Å)
Bond 1	C-C	C1	C2	1	No	1,52034
Bond 2	C-H	C1	H1	1	No	1,09449
Bond 3	C-H	C1	H2	1	No	1,09463
Bond 4	C-H	C1	H3	1	No	1,09475
Bond 5	C-C	C2	C3	1	Yes	1,52738
Bond 6	C-H	C2	H4	1	No	1,09626
Bond 7	C-H	C2	H5	1	No	1,09626
Bond 8	C-C	C3	C4	1	No	1,52034
Bond 9	C-H	C3	H6	1	No	1,09608
Bond 10	C-H	C3	H7	1	No	1,09645
Bond 11	C-H	C4	H8	1	No	1,09486
Bond 12	C-H	C4	H9	1	No	1,09449

Gambar 5. Jendela sifat ikatan.

Gambar 5 menunjukkan jendela sifat ikatan yang berisi informasi mengenai atom-atom apa yang saling berikatan, jenis ikatan kovalen dan panjang ikatan tersebut. Informasi ini dapat membantu siswa dalam membedakan jenis ikatan kovalen, sehingga siswa dapat menjelaskan senyawa hidrokarbon jenuh dan tak jenuh. Selain itu, siswa juga dapat mengidentifikasi perbedaan panjang ikatan kovalen

tunggal, rangkap dua dan rangkap tiga pada suatu hidrokarbon. Menu tersebut dapat diakses dengan langkah *View > Properties > Atom Properties*.



Angle	Type	Start Atom	Vertex	End Atom	Angle (°)
Angle 1	CCH	C2	C1	H1	110,2651
Angle 2	CCH	C2	C1	H2	111,0950
Angle 3	CCH	C2	C1	H3	110,9030
Angle 4	HCH	H1	C1	H2	108,1339
Angle 5	HCH	H1	C1	H3	108,0276
Angle 6	HCH	H2	C1	H3	108,3100
Angle 7	CCC	C1	C2	C3	111,4959
Angle 8	CCH	C1	C2	H4	109,2277
Angle 9	CCH	C1	C2	H5	109,0768

Gambar 6. Jendela sifat sudut ikatan.

Kemudian ada pula jendela sifat sudut atau *angle properties* yang ditunjukkan pada Gambar 6. Jendela ini berisi informasi mengenai sudut ikatan pada suatu struktur hidrokarbon. Siswa dapat mengetahui atom awal, tengah dan akhir yang membentuk suatu sudut serta besarnya sudut yang terbentuk. Dengan demikian siswa dapat mengidentifikasi perbedaan atom-atom pembentuk sudut akan menghasilkan sudut dengan besar yang berbeda juga. Menu tersebut dapat diakses dengan langkah *View > Properties > Atom Properties*.

F. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (*HOTS*)

Kemampuan berpikir tingkat tinggi (*High Order Thinking Skills/HOTS*) adalah proses berpikir yang tidak sekedar menghafal dan menyampaikan kembali informasi yang diketahui, melainkan kemampuan untuk menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan

memecahkan masalah pada situasi baru (Rofiah dkk., 2013).

Berpikir tingkat tinggi menurut Bloom (1956) meliputi kemampuan analisis, sintesis, dan evaluasi. Kemampuan analisis memiliki beberapa indikator, yaitu peserta didik dapat menganalisis bagian dari satu kesatuan, mengetahui hubungan yang terjadi antar bagian tersebut, dan menyusun struktur yang terbentuk dari bagian-bagian tersebut. Sementara itu, kemampuan mensintesis mempunyai indikator dapat menyusun serangkaian rencana untuk menciptakan sesuatu yang baru dari sesuatu yang telah ada sebelumnya. Disisi lain, kemampuan mengevaluasi memiliki indikator dapat mengevaluasi atau memberikan umpan balik terhadap keterangan atau fakta-fakta berdasarkan kriteria tertentu.

Kemampuan berpikir tingkat tinggi berada pada bagian atas taksonomi kognitif Bloom, yakni tujuan pengajaran di balik taksonomi kognitif yang dapat membekali peserta didik untuk melakukan transfer pengetahuan. Mampu berpikir artinya peserta didik mampu menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang mereka kembangkan selama belajar pada konteks yang baru. Dalam hal ini yang dimaksud “baru” adalah aplikasi konsep yang belum terpikirkan sebelumnya oleh peserta didik, tetapi konsep tersebut sudah diajarkan, ini berarti belum tentu sesuatu yang baru. Berpikir tingkat tinggi berarti kemampuan peserta didik untuk menghubungkan pembelajaran dengan hal-hal lain yang belum pernah diajarkan (Brookhart, 2010).

Anderson & Krathwohl (2001) merevisi pada taksonomi Bloom (1956) dan mengungkapkan bahwa kemampuan mensintesis adalah proses mencipta yang dinilai lebih sulit daripada kemampuan evaluasi. Taksonomi yang telah direvisi mendeskripsikan perbedaan antara proses kognitif dengan dimensi pengetahuan (faktual, konseptual, procedural dan metakognitif). Revisi taksonomi tersebut memberikan gambaran bahwa yang termasuk dalam kemampuan berpikir tingkat rendah yaitu mengingat, memahami dan mengaplikasikan, sedangkan yang termasuk dalam kemampuan berpikir tingkat tinggi adalah menganalisis, mengevaluasi dan mencipta. Hal tersebut sesuai dengan dimensi proses kognitif yang semakin meningkat dari mengingat sampai mencipta. Secara lebih jelas, perbedaannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Revisi Taksonomi Bloom

Tingkatan	Taksonomi Bloom (1956)	Anderson & Krathwohl (2001)
C1	Pengetahuan	Mengingat
C2	Pemahaman	Memahami
C3	Aplikasi	Menerapkan
C4	Analisis	Menganalisis
C5	Sintesis	Mengevaluasi
C6	Evaluasi	Mencipta

Menurut Anderson dan Krathwohl (2001) keterampilan berpikir tingkat tinggi terdiri dari 3 aspek, yaitu:

- 1) Menganalisis yang merupakan memecahkan masalah dengan cara memisahkan setiap bagian dari masalah dan mencari kaitan dari masalah tersebut dan mencari tahu bagaimana keterkaitan tersebut menimbulkan masalah. Menganalisis berkaitan dengan proses kognitif memberi atribut (*attributing*) dan mengorganisasikan (*organizing*).
- 2) Mengevaluasi yang berkaitan dengan proses kognitif memberikan penilaian yang sesuai dengan standart dan kriteria yang sudah ada. Kriteria yang digunakan biasanya berupa efisiensi, aktifitas, kualitas, dan konsistensi. Mengevaluais berkaitan dengan proses kognitif mengecek (*checking*) dan mengkritisi (*critiquing*).
- 3) Mencipta yang merupakan proses kognitif meletakkan unsur secara bersama-sama untuk membentuk kesatuan yang berguna mengarahkan peserta didik untuk menghasilkan produk baru dengan melibatkan beberapa untuk menjadi bentuk yang berbeda dari sebelumnya. Mencipta berkaitan dengan proses kognitif menggeneralisasikan (*generating*) dan memproduksi (*producting*).

Newman & Wehlage dalam Lusyana & Wangge (2016) menjelaskan bahwa dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi, siswa akan belajar lebih mendalam dan dapat memahami konsep lebih baik. Hal itu sesuai dengan karakter yang substantif untuk suatu pelajaran ketika siswa bisa mendemonstrasikan pemahamannya secara baik dan mendalam. Dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa mampu membedakan ide atau gagasan secara jelas, berargumen dengan baik, memecahkan masalah, mengkonstruksi penjelasan, berhipotesis dan memahami hal-hal kompleks menjadi lebih jelas.

G. Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian-penelitian yang relevan dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian yang relevan

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Hasil Penelitian
1	Rayan & Rayan (2017)	<i>Avogadro Program for Chemistry Education: To What Extent Can Molecular Visualization and Three-dimensional Simulations Enhance Meaningful Chemistry Learning?</i>	Pembelajaran kimia menggunakan <i>Software Avogadro</i> mampu memotivasi siswa dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep kimia sehingga pembelajaran lebih bermakna.
2	Yuanita dkk. (2018)	Aplikasi <i>Chemdraw</i> dan <i>Avogadro</i> untuk Meningkatkan Pemahaman dan Minat Dalam Bidang Kimia	Penggunaan <i>Software Avogadro</i> dan <i>Chemdraw</i> dapat meningkatkan pemahaman dan minat siswa dalam bidang kimia
3	Dewita (2020)	Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Visualisasi 3D dan Animasi Molekul Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA pada Sub Pokok Bahasan Bentuk Molekul	Penggunaan media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul dapat meningkatkan hasil belajar siswa SMA pada Sub Pokok Bahasan Bentuk Molekul
4	Hasby (2018)	Pengaruh <i>Software</i> Visualisasi terhadap Hasil dan Minat Belajar Siswa pada Materi Bentuk-Bentuk Molekul di SMA Negeri 4 Langsa	Penggunaan media visualisasi menggunakan <i>Software Avogadro</i> untuk menggambarkan bentuk molekul secara 3D terbukti dapat menarik minat belajar dan pemahaman siswa.
5	Yani (2019)	Efektivitas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan <i>High Order Thinking Skills (HOTS)</i> pada Materi Larutan Penyangga	Penggunaan LKPD berbasis inkuiri terbimbing efektif meningkatkan HOTS dan hasil belajar peserta didik.
6	Wahyuni (2018)	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis <i>Refutation Text</i> Pada Materi Senyawa Hidrokarbon di SMA.	Berdasarkan hasil uji kevalidan dan angket respon siswa, LKPD yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran kimia
7	Amalia (2018)	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis <i>Think Talk Write (TTW)</i> pada Materi Hidrokarbon untuk Kelas XI IPA MA Al-Mustaqim.	LKPD berbasis TTW yang dikembangkan telah layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran materi hidrokarbon karena telah memenuhi kategori kevalidan, kepraktisan dan keefektifan
8	Yusniawan dkk. (2019)	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Kimia Terintegrasi Nilai-Nilai Islam pada Materi Hidrokarbon.	Berdasarkan hasil uji kevalidan dan angket respon siswa, LKPD yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran kimia

Berdasarkan data penelitian-penelitian yang relevan pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa belum ada penelitian mengenai pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

H. Analisis Konsep

Analisis konsep diperlukan untuk menentukan konsep-konsep yang dikembangkan dalam pembelajaran, sehingga dapat membantu guru dalam merencanakan urutan pembelajaran konsep, menentukan tingkat-tingkat pencapaian konsep yang diharapkan dikuasai oleh siswa serta menentukan metode dan pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik konsep.

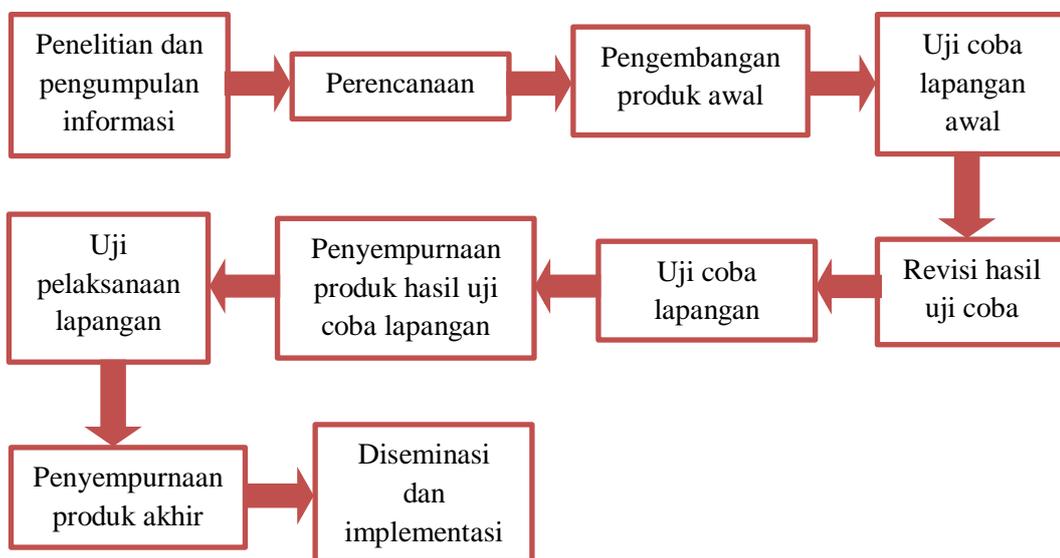
Konsep adalah sekelompok fakta atau data yang memiliki ciri-ciri yang sama dan dapat dimasukkan ke dalam satu nama label (Sunaryo, 1989). Namalah yang membedakan antara satu konsep dengan konsep lainnya (Sumaatmadja, 1986). Oleh karena itu, suatu konsep mempunyai karakteristik berupa hirarki konsep dan definisi konsep. Selain karakteristik tersebut, Herron dkk. (1977) mengidentifikasi karakteristik yang dimiliki konsep meliputi: label konsep, atribut konsep (atribut kritis dan atribut variabel) dan jenis konsep. Dengan demikian dalam analisis konsep, perlu diidentifikasi karakteristik konsep, yang meliputi: label konsep, definisi konsep, atribut konsep, hirarki konsep, jenis konsep, contoh dan non-contoh.

Herron dkk. (1977) juga mengembangkan jenis-jenis konsep menjadi delapan jenis konsep, yaitu (1) konsep konkrit, (2) konsep abstrak, (3) konsep abstrak dengan contoh konkrit, (4) konsep berdasarkan prinsip, (5) konsep yang menyatakan simbol, (6) konsep yang menyatakan nama proses, (7) konsep yang menyatakan sifat dan nama atribut, serta (8) konsep yang menyatakan ukuran atribut. Analisis konsep pada materi hidrokarbon dapat dilihat pada Lampiran 2.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain

Desain yang digunakan pada penelitian ini adalah desain penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)*. Penelitian dan pengembangan adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi suatu produk pendidikan (Borg & Gall, 1989). Sukmadinata (2015) menyatakan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan metode atau pendekatan penelitian untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Menurut Borg & Gall (1989), terdapat 10 langkah dalam pelaksanaan *Research & Development*. Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Langkah-langkah penelitian dan pengembangan menurut Borg & Gall (1989).

Pada penelitian ini langkah-langkah penelitian dan pengembangan hanya dilaksanakan sampai tahap revisi hasil uji coba (*main product revision*). Hal ini disebabkan oleh keterbatasan waktu dan keahlian peneliti untuk melakukan tahap-tahap selanjutnya.

B. Sumber Data

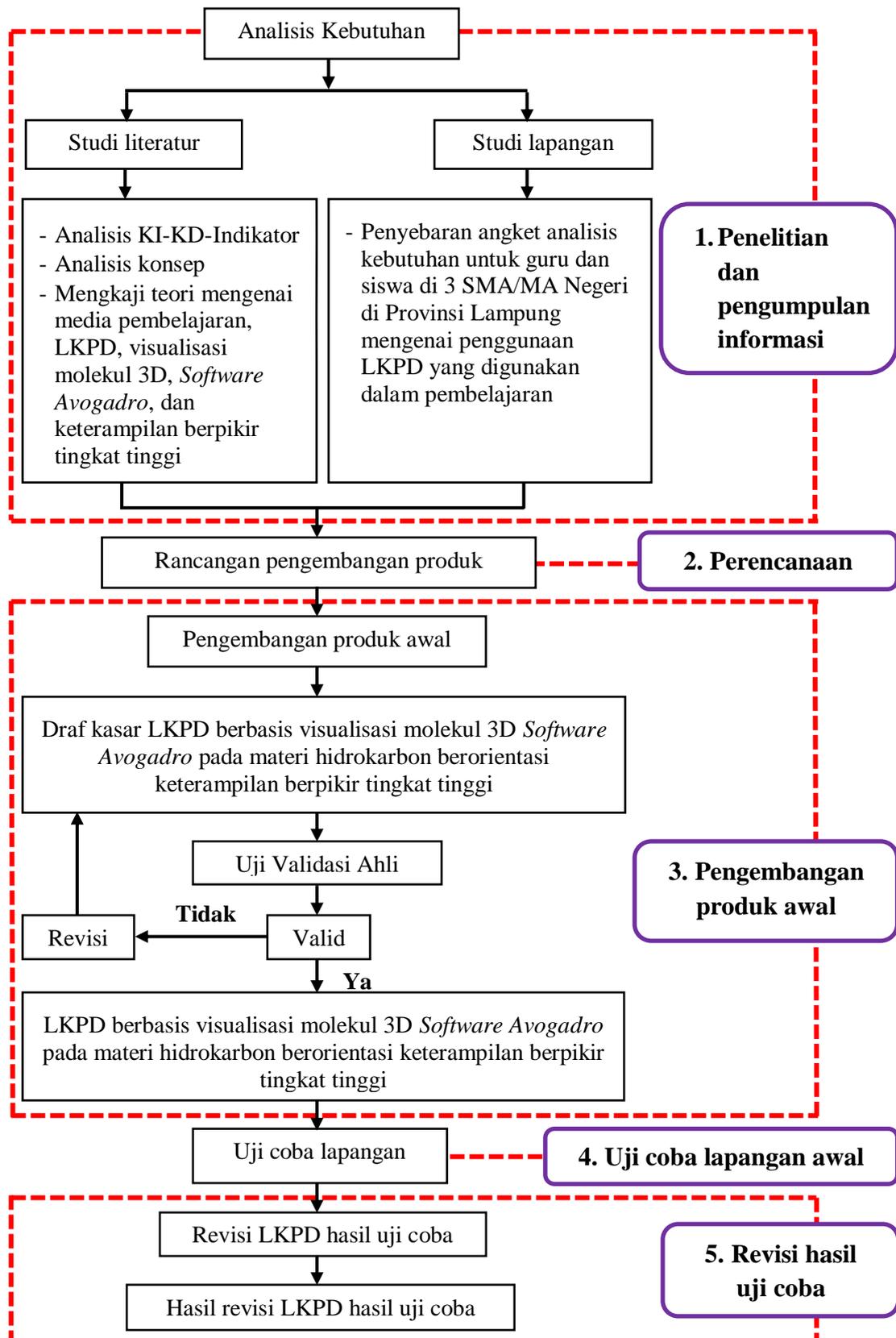
Sumber data dalam penelitian terdiri dari guru dan siswa yang tersebar di beberapa SMA/MA di Provinsi Lampung. Pada tahap studi lapangan, sumber data diperoleh dari hasil pengisian angket oleh tiga orang guru kimia dan 80 orang siswa kelas XI IPA dari tiga SMA/MA yaitu SMAN 10 Bandarlampung, MAN 1 Bandarlampung dan SMAN 1 Way Jepara. Pada tahap pengembangan, sumber data diperoleh dari dua dosen Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung. Pada tahap uji coba lapangan, sumber data diperoleh dari guru mata pelajaran kimia dan siswa kelas XI IPA di SMAN 1, 15, dan 10 Bandarlampung.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah pengisian angket menggunakan *Google Form* dan secara langsung. Pada tahap studi lapangan, angket diberikan melalui *Google Form* pada guru kimia dan siswa kelas XI IPA dari tiga SMA/MA yaitu SMAN 10 Bandarlampung, MAN 1 Bandarlampung dan SMAN 1 Way Jepara. Pada studi lapangan awal, angket diberikan secara langsung kepada guru kimia dan siswa kelas XI IPA di SMAN 1, 15, dan 10 Bandarlampung. Pada tahap validasi produk oleh ahli, angket diberikan secara langsung kepada dosen Pendidikan Kimia Universitas Lampung.

D. Alur Penelitian

Alur penelitian dan pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur penelitian dan pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

E. Langkah-Langkah Penelitian

Berdasarkan alur penelitian pada Gambar 8, dapat dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengumpulan informasi

Pada penelitian ini, tahap pertama yang dilakukan adalah penelitian dan pengumpulan informasi. Tahap penelitian dan pengumpulan informasi ini disebut juga analisis kebutuhan. Analisis kebutuhan terdiri atas dua langkah, yaitu studi literatur dan studi lapangan. Analisis kebutuhan bertujuan untuk menghimpun data tentang kondisi yang ada sebagai bahan perbandingan atau bahan dasar yang mendukung dilakukannya pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

a. Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini berupa analisis KI dan KD kelas XI pada materi hidrokarbon, analisis indikator, dan analisis konsep. Selanjutnya melakukan studi literatur mengenai media pembelajaran, LKPD, visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro*, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Studi literatur ditujukan untuk menemukan konsep-konsep atau landasan teoritis yang memperkuat LKPD yang akan dikembangkan. Hasil dari kajian ini akan dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

b. Studi lapangan

Studi lapangan terdiri dari penyebaran angket untuk analisis kebutuhan oleh guru dan siswa, kemudian dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh. Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh informasi tentang LKPD yang digunakan untuk mendukung proses pembelajaran pada materi hidrokarbon di sekolah antara lain visualisasi molekul hidrokarbon yang digunakan dalam LKPD, sumber

LKPD, apakah LKPD sudah melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa, apakah guru dan siswa sudah mengenal visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro*, dan lain-lain.

Studi lapangan dilakukan dengan pengisian angket oleh tiga orang guru mata pelajaran kimia dan 80 siswa dari SMAN 10 Bandarlampung, MAN 1 Bandarlampung dan SMAN 1 Way Jepara. Sebelum dilakukan penyebaran angket tersebut, langkah yang dilakukan adalah penyusunan analisis kebutuhan untuk guru dan siswa.

2. Perancangan produk

Setelah diperoleh data-data yang diperlukan dalam pengembangan LKPD yang akan dilakukan, langkah selanjutnya yaitu merancang produk. Menurut Sukmadinata (2015), rancangan produk yang akan dikembangkan minimal mencakup tujuan dari penggunaan produk, pengguna dari produk tersebut dan, deskripsi komponen-komponen produk.

Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan produk berupa LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Penyusunan LKPD bertujuan agar dapat digunakan untuk (1) menjadi media dalam proses pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam mempelajari materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi, (2) membantu guru dalam membelajarkan materi hidrokarbon agar proses pembelajaran lebih menarik, (3) dan menjadi referensi dalam pembuatan atau penyusunan LKPD menggunakan visualisasi molekul 3D pada materi kimia lain yang bersifat abstrak. Pengguna produk ini adalah guru dan siswa SMA kelas XI. Hal ini disebabkan karena materi yang diambil dalam penelitian ini ada di SMA kelas XI.

Komponen-komponen pada produk ini terdiri atas tiga bagian yaitu (1) bagian pendahuluan yang berisi *cover*, kata pengantar, daftar isi, petunjuk umum penggunaan LKPD serta petunjuk penggunaan *Software Avogadro*; (2) bagian isi yang terdiri dari *cover* pembatas LKPD, identitas LKPD, lembar KI-KD, indikator pencapaian materi, tujuan pembelajaran, langkah-langkah pembelajaran yang terdiri dari tahap mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi

dan tahap mengkomunikasikan (3) bagian penutup berisi daftar pustaka dan *cover* belakang LKPD. Langkah-langkah pembelajaran dalam LKPD ini disesuaikan dengan tahap pembelajaran dari pendekatan saintifik. Terdapat tiga LKPD yang dikembangkan. Tahap-tahap perancangan ketiga LKPD tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rancangan LKPD

LKPD Ke-	Materi yang dibahas	Rancangan Produk	Indikator HOTS yang dilatihkan
1	Kekhasan atom karbon dan senyawa hidrokarbon	Pada tahap mengamati diberi wacana dengan gambar tabung LPG yang berisi gas propana, bensin dan struktur oktana, serta plastik dan struktur polietilena. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi berisi perintah untuk membuat struktur 3D senyawa hidrokarbon dan mencari informasi tentang jumlah atom yang dapat terikat pada C menggunakan <i>Software Avogadro</i> , unsur-unsur penyusun senyawa, dan e_v atom C. Kemudian tahap mengasosiasi berisi pertanyaan-pertanyaan untuk mengidentifikasi jumlah ikatan yang dapat terbentuk dari satu atom C, jenis ikatan yang terbentuk antar atom C sehingga dapat menyimpulkan kekhasan atom C. Selanjutnya mengidentifikasi atom apa saja yang ada pada beberapa senyawa hidrokarbon sehingga dapat menyimpulkan pengertian senyawa hidrokarbon. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Mengaitkan jawaban-jawaban dari pertanyaan-pertanyaan yang diberikan terkait atom C untuk menyimpulkan kekhasan atom C (Menganalisis/C4)
	Atom Karbon 1° , 2° , 3° dan 4°	Pada tahap mengamati diberi wacana tentang perbedaan posisi atom C dalam suatu senyawa. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi diminta membuat struktur 3D dari molekul 2,3,3,6,6,7-heksametiloktana menggunakan <i>Software Avogadro</i> dan mengisi tabel jumlah atom C yang terikat pada tiap atom. Kemudian tahap mengasosiasi terdapat pertanyaan-pertanyaan untuk mengaitkan data dengan informasi yang diberikan dan mengelompokkan jenis atom C berdasarkan jumlah atom C yang terikat sehingga dapat menyimpulkan pengertian atom C 1° , 2° , 3° dan 4° . Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Mengaitkan data jumlah atom C yang terikat pada setiap atom C dengan informasi yang diperoleh untuk menyimpulkan pengertian atom C 1° , 2° , 3° dan 4° (Menganalisis/C4)

Tabel 5 (lanjutan)

LKPD Ke-	Materi yang dibahas	Rancangan Produk	Indikator HOTS yang dilatihkan
	Senyawa hidrokarbon alifatik, alisiklik dan aromatik	Pada tahap mengamati diberi wacana dengan gambar beberapa senyawa hidrokarbon tentang pembagian senyawa hidrokarbon berdasarkan bentuk rantai karbonnya. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, diminta membuat beberapa struktur 3D dari senyawa hidrokarbon rantai terbuka dan rantai tertutup menggunakan <i>Software Avogadro</i> dan mengisi tabel bentuk rantai serta jenis ikatan kovalen antar atom C. Kemudian tahap mengasosiasi terdapat pertanyaan-pertanyaan untuk mengidentifikasi beberapa struktur 3D dari senyawa hidrokarbon berdasarkan bentuk rantai karbonnya dan mengelompokkan beberapa struktur 3D senyawa hidrokarbon yang memiliki bentuk rantai terbuka dan rantai tertutup sehingga dapat menyimpulkan pengertian senyawa hidrokarbon alifatik, alisiklik dan aromatik. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Mengaitkan data bentuk rantai dan jenis ikatan kovalen antar atom C beberapa senyawa hidrokarbon dengan informasi yang diperoleh untuk menyimpulkan pengertian senyawa hidrokarbon alifatik, alisiklik dan aromatic (Menganalisis/C4)
	Senyawa hidrokarbon jenuh dan tak jenuh	Pada tahap mengamati diberi wacana dengan gambar beberapa senyawa hidrokarbon tentang pembagian senyawa hidrokarbon berdasarkan jenis ikatan antar atom karbonnya. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, diminta membuat beberapa struktur 3D dari senyawa hidrokarbon yang memiliki rantai tunggal, rangkap dua dan rangkap tiga menggunakan <i>Software Avogadro</i> dan mengisi tabel jenisikatan kovalen antar atom C. Kemudian tahap mengasosiasi terdapat pertanyaan-pertanyaan untuk mengidentifikasi jenis ikatan kovalen dari beberapa struktur 3D senyawa hidrokarbon yang memiliki rantai tunggal, rangkap dua dan rangkap tigaserta mengelompokkan beberapa struktur 3D senyawa hidrokarbon berdasarkan jenis ikatan kovalen tunggal dan rangkap sehingga dapat menyimpulkan pengertian hidrokarbon jenuh dan tak jenuh. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Mengaitkan data jenis ikatan kovalen antar atom C beberapa senyawa dengan informasi yang diperoleh untuk menyimpulkan pengertian senyawa jenuh dan tak jenuh (Menganalisis/C4)

Tabel 5 (lanjutan)

LKPD Ke-	Materi yang dibahas	Rancangan Produk	Indikator HOTS yang dilatihkan
2	Senyawa Alkana, Alkena dan Alkuna	<p>Pada tahap mengamati diberi wacana dengan gambar contoh senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari beserta strukturnya. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, terdapat perintah membuat struktur 3D serta mencari informasi tentang nama dan rumus molekul beberapa senyawa alkana, alkena dan alkuna menggunakan <i>Software Avogadro</i>, menuliskan informasi yang didapat ke dalam tabel yang sudah disediakan, serta mencari informasi melalui buku literatur terkait tata nama menurut IUPAC. Lalu tahap mengasosiasi terdapat perintah menganalisis jenis ikatan kovalen dan bentuk rantai dari beberapa struktur 3D senyawa hidrokarbon, mengidentifikasi rumus umum senyawa alkana, alkena dan alkuna berdasarkan rumus molekul senyawa yang sudah diketahui, memberikan nama beberapa senyawa alkana, alkena dan alkuna serta membuktikan kesesuaian namanya antara yang bersumber dari buku literatur dengan yang disajikan pada <i>Software Avogadro</i>. Kemudian disediakan kolom untuk menyimpulkan pengertian dan rumus umum senyawa alkana, alkena dan alkuna. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menganalisis jenis ikatan kovalen dan bentuk rantai senyawa hidrokarbon (Menganalisis/C4), - Menuliskan rumus umum senyawa hidrokarbon (Menganalisis/C4), - Membuktikan kesesuaian nama senyawa hidrokarbon antara yang bersumber dari buku literatur dengan yang disajikan pada <i>Software Avogadro</i> (Mengevaluasi/C5)
3	Panjang ikatan, sudut ikatan dan kepolaran senyawa alkana, alkena dan alkuna.	<p>Pada tahap mengamati diberi wacana tentang perbedaan panjang ikatan, sudut ikatan dan kepolaran dengan gambar beberapa senyawa hidrokarbon. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, diminta membuat struktur 3D molekul etana, etena dan etuna serta mencari informasi panjang ikatan, sudut ikatan antar atom C, dan kepolaran pada masing-masing senyawa menggunakan <i>Software Avogadro</i> serta mencari informasi tentang syarat-syarat senyawa polar. Lalu tahap mengasosiasi, diminta menganalisis perbedaan panjang dan sudut ikatan antar atom C serta mengaitkan data kepolaran dengan informasi sehingga dapat menyimpulkan kecendrungan panjang, sudut ikatan, kepolaran pada senyawa hidrokarbon. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi</p>	<p>Menganalisis perbedaan panjang ikatan antar atom C pada senyawa etana, etena dan etuna (Menganalisis/C4)</p>

Tabel 5 (lanjutan)

LKPD Ke-	Materi yang dibahas	Rancangan Produk	Indikator HOTS yang dilatihkan
	Sifat Fisik Senyawa Hidrokarbon	Pada tahap mengamati diberi wacana berupa tabel yang berisi informasi rumus molekul, struktur dan titik didih beberapa senyawa hidrokarbon alkana, alkena, dan alkuna dalam deret homolog. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, diminta membuat struktur 3D molekul senyawa-senyawa tersebut serta mencari informasi nama dan berat molekul pada masing-masing senyawa menggunakan <i>Software Avogadro</i> . Lalu tahap mengasosiasi, diminta menganalisis hubungan titik didih dengan berat molekul sehingga dapat menyimpulkan kecenderungan titik didih berdasarkan panjang rantai karbon dalam deret homolog dan memprediksi titik didih senyawa hidrokarbon yang belum disajikan. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Menganalisis kecenderungan titik didih berdasarkan panjangnya rantai karbon pada senyawa hidrokarbon (Menganalisis/C4), serta Memprediksi titik didih senyawa alkana, alkena dan alkuna yang belum disajikan (Mengevaluasi/C5)
	Isomer Senyawa Hidrokarbon	Pada tahap mengamati diberi wacana tentang contoh senyawa-senyawa hidrokarbon yang memiliki rumus kimia sama namun sifatnya berbeda. Pada tahap menanya disediakan kolom untuk bertanya tentang fenomena yang terlihat pada wacana. Lalu tahap mengumpulkan informasi, diminta membuat struktur 3D molekul beberapa senyawa hidrokarbon serta mencari informasi rumus molekul dan berat molekul dan pada masing-masing senyawa menggunakan <i>Software Avogadro</i> serta mencari informasi tentang titik didih dari literatur. Lalu tahap meng-asosiasi, diminta menganalisis perbedaan dan persamaan dari senyawa-senyawa tersebut serta mengaitkan data titik didih dengan perbedaan struktur sehingga dapat menyimpulkan pengertian isomer, isomer kerangka, geometri dan posisi, dapat menjelaskan keisomeran senyawa hidrokarbon serta membangun isomer dari suatu rumus molekul. Terakhir meminta peserta didik mengomunikasikan hasil diskusi	Menganalisis perbedaan struktur terhadap perbedaan titik didih (Menganalisis/C4), Menganalisis kecenderungan titik didih senyawa hidrokarbon dan isomernya (Menganalisis/C4), Membangun isomer beberapa senyawa hidrokarbon dari suatu rumus molekul (Mencipta/C6)

3. Pengembangan produk awal

Setelah rancangan awal dibuat, maka dilakukanlah pengembangan produk awal.

Pada tahap ini dilakukan penyusunan draft kasar sedemikian lengkap beserta

komponen-komponen yang terdapat dalam draf tersebut. Hal-hal yang dilakukan dalam pengembangan produk awal ini adalah:

- 1) Menyusun lembar panduan penggunaan *Software Avogadro* untuk mengenal-kannya pada guru dan siswa sebelum dilakukan pembelajaran menggunakan LKPD sekaligus menjadi pendamping LKPD yang dikembangkan.
- 2) Membuat analisis konsep dan RPP untuk materi hidrokarbon.
- 3) Membuat konsep LKPD. Pada tahapan ini yang dilakukan adalah menentukan nama LKPD, pemilihan orientasi yang sesuai dengan materi hidrokarbon yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, menentukan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan, menentukan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang hendak dilatihkan, dan menyusun pertanyaan-pertanyaan yang akan dihadirkan dalam LKPD.
- 4) Menyusun LKPD. Setelah rancangan awal dibuat, maka dilakukanlah penyusunan LKPD. Pada tahapan ini yang akan dilakukan adalah pembuatan tabel, pemilihan jenis dan ukuran huruf, serta menyesuaikan tata letak bagian-bagian dari LKPD.

Setelah LKPD dikembangkan, selanjutnya produk tersebut divalidasi oleh validator yang memahami LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Aspek yang divalidasi, yaitu aspek kesesuaian isi materi, konstruksi, dan keterbacaan. Validasi dilakukan oleh dua dosen dari FKIP Pendidikan Kimia Universitas Lampung. Apabila setelah divalidasi rancangan produk tersebut belum valid, maka perlu dilakukan revisi sesuai dengan saran yang diberikan oleh validator ahli. Selanjutnya, mengkonsultasikan hasil revisi LKPD sehingga produk hasil revisi tersebut dapat diuji kembali kevalidannya. Apabila setelah divalidasi rancangan produk tersebut telah valid, maka dapat diuji cobakan di lapangan awal.

4. Uji coba lapangan awal

Setelah dihasilkan LKPD yang telah divalidasi oleh ahli dan telah direvisi, selanjutnya dilakukan uji coba lapangan awal di SMA Bandarlampung. Uji coba ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan LKPD. Adapun aspek kelayakan pada

LKPD yang dinilai adalah aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi untuk guru sedangkan aspek keterbacaan dan kemenarikan untuk siswa. LKPD ini diuji cobakan pada siswa kelas XI IPA dan guru mata pelajaran kimia. Teknik uji ini menggunakan instrumen berupa angket tanggapan guru dan siswa. Selain itu, guru dan siswa juga diberikan produk awal yang telah dibuat, yaitu LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Sebelum LKPD diuji cobakan, terlebih dahulu guru dan siswa dikenalkan dengan *Software Avogadro* dengan bantuan lembar panduan penggunaan *Software Avogadro*. Pengenalan *Software Avogadro* pada guru dilakukan agar guru memiliki bekal pengetahuan tentang *Software Avogadro* sebelum membelajarkan materi hidrokarbon menggunakan LKPD yang dikembangkan. Pengenalan *Software Avogadro* pada siswa dilakukan saat pertemuan pertama sebelum siswa diajarkan materi hidrokarbon menggunakan LKPD yang dikembangkan. Hal ini bertujuan agar proses pembelajaran materi hidrokarbon menggunakan LKPD yang dikembangkan dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Pada uji ini, guru dimintai tanggapan terhadap LKPD yang dikembangkan mengenai kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi LKPD dengan mengisi angket yang disediakan. Aspek kemenarikan dan keterbacaan LKPD juga dinilai oleh siswa dengan mengisi angket tanggapan siswa yang disediakan.

5. Revisi hasil uji coba

Dari beberapa tahap yang telah dilakukan, maka tahap akhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah revisi dan penyempurnaan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Revisi dilakukan berdasarkan pertimbangan hasil uji coba lapangan awal, yaitu hasil uji kesesuaian isi, keterbacaan dan konstruksi oleh guru serta tanggapan siswa mengenai keterbacaan dan kemenarikan oleh siswa terhadap LKPD yang dikembangkan. Selanjutnya mengkonsultasikan hasil revisi dengan dosen pembimbing. Hasil revisi tersebut merupakan produk akhir dari pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi.

F. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Berdasarkan pada tujuan penelitian dan bagan alur penelitian, instrumen-instrumen yang disusun dan dirancang yaitu:

1. Instrumen pada analisis kebutuhan

Pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi dilakukan analisis kebutuhan yang terdiri dari studi pustaka dan studi lapangan. Pada studi pustaka dilakukan analisis KI-KD, indikator dan konsep serta mengkaji teori mengenai media pembelajaran, LKPD, visualisasi molekul 3D, *Software Avogadro*, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada studi lapangan dilakukan penyebaran angket analisis kebutuhan untuk guru dan siswa.

a. Instrumen analisis kebutuhan untuk guru

Instrumen ini berbentuk angket terhadap guru yang disusun untuk mengetahui LKPD seperti apa yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan berfungsi untuk memberikan masukan dalam pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada angket ini terdapat 21 pertanyaan yang terbagi menjadi dua indikator, yaitu guru yang menggunakan LKPD sebagai media pembelajaran pada materi hidrokarbon dan guru yang tidak menggunakan LKPD. Angket analisis kebutuhan untuk guru dapat dilihat pada Lampiran 4.

b. Instrumen analisis kebutuhan untuk siswa

Instrumen ini berbentuk angket terhadap siswa yang disusun untuk mengetahui LKPD seperti apa yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan berfungsi untuk memberi masukan dalam pengembangan LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada angket ini terdapat 21 pertanyaan yang terbagi menjadi dua indikator yaitu siswa yang diberikan LKPD ketika pembelajaran materi hidrokarbon dan siswa yang tidak diberikan LKPD. Angket analisis kebutuhan untuk siswa dapat dilihat pada Lampiran 5.

2. Instrumen pada validasi ahli

Pada tahap pengembangan produk awal dilakukan validasi draf LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang telah dikembangkan oleh validator. Aspek-aspek yang dinilai antara lain aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi.

a. Instrumen validasi aspek kesesuaian isi

Instrumen ini berbentuk angket yang terbagi menjadi tiga untuk masing-masing LKPD, yaitu untuk LKPD 1, LKPD 2, dan LKPD 3. Angket ini terdiri dari tiga indikator antara lain kesesuaian isi materi dengan KI-KD, kesesuaian isi materi dengan *Software Avogadro*, dan kesesuaian isi LKPD dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Indikator 1 dan 2 pada ketiga LKPD memiliki jumlah pernyataan yang sama, yakni masing-masing lima dan tiga pernyataan. Sementara itu, untuk indikator 3 pada ketiga LKPD masing-masing memiliki lima, empat, dan delapan pernyataan. Hasil dari validasi kesesuaian isi ini akan berfungsi sebagai masukan dalam pengembangan atau tepatnya revisi pada LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Angket validasi ahli pada aspek kesesuaian isi dapat dilihat pada Lampiran 6.

b. Instrumen validasi aspek keterbacaan

Instrumen validasi aspek keterbacaan ini berbentuk angket dan disusun untuk mengetahui apakah LKPD yang dikembangkan ini dapat terbaca dengan baik dilihat dari segi ukuran, jenis dan warna huruf, tata letak, bahasa yang sesuai dengan kaidah penulisan EYD serta pewajahan LKPD seperti kualitas gambar maupun ide pokok materi yang disampaikan terpenuhi. Hasil dari validasi aspek keterbacaan ini akan berfungsi sebagai masukan dalam pengembangan atau tepatnya revisi pada LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada angket validasi aspek keterbacaan terdapat sebelas pernyataan. Angket validasi ahli pada aspek keterbacaan dapat dilihat pada Lampiran 8.

c. instrumen validasi aspek konstruksi

Instrumen ini berbentuk angket dan disusun untuk mengetahui apakah kerangka dalam LKPD telah sesuai dengan materi hidrokarbon. Pada angket ini terdapat delapan pernyataan. Hasil dari validasi konstruksi ini akan berfungsi sebagai masukan dalam pengembangan atau tepatnya revisi pada LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Angket validasi ahli pada aspek konstruksi dapat dilihat pada Lampiran 10.

3. Instrumen pada uji coba lapangan

Pada tahap uji coba lapangan awal dilakukan penyebaran angket tanggapan guru dan siswa terhadap LKPD berbasis visualisasi molekul 3D dengan *Software Avogadro* pada materi hidrokarbon berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dikembangkan. Aspek-aspek yang dinilai yakni aspek kesesuaian isi, keterbacaan dan konstruksi untuk guru, sedangkan aspek keterbacaan dan kemenarikan untuk siswa.

a. Instrumen tanggapan guru

Instrumen ini berbentuk angket dan di dalamnya terdapat pernyataan yang dimaksudkan untuk menilai aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi LKPD yang telah divalidasi oleh validator serta telah diperbaiki sesuai masukan dari validator. Semua pernyataan yang terdapat pada ketiga aspek tersebut sama dengan pernyataan yang tertuang dalam angket validasi pada penilaian LKPD oleh validator. Dalam angket ini juga dilengkapi dengan kolom komentar yang dimaksudkan memberikan ruang kepada guru bila terdapat masukan untuk bahan pertimbangan perbaikan LKPD. Angket tanggapan guru untuk aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi masing-masing dapat dilihat pada Lampiran 12, 14, dan 16.

b. Instrumen tanggapan siswa

Instrumen ini berbentuk angket dan di dalamnya terdapat pernyataan yang dimaksudkan untuk menanggapi keterbacaan dan kemenarikan desain LKPD. Aspek keterbacaan yang dinilai adalah kesesuaian penggunaan jenis dan ukuran huruf, penggunaan kalimat dan bahasa yang sesuai, maupun tata letak bagian-bagian

LKPD. Semua pernyataan yang terdapat pada angket aspek keterbacaan sama dengan pernyataan yang tertuang dalam angket validasi ahli dan tanggapan guru. Aspek kemenarikan yang dinilai adalah kemenarikan dari desain LKPD hasil pengembangan baik dari segi pewarnaan dan tata letak LKPD. Dalam angket ini juga dilengkapi dengan kolom komentar yang dimaksudkan memberikan ruang kepada siswa bila terdapat masukan untuk bahan pertimbangan perbaikan LKPD. Pada angket tanggapan siswa aspek kemenarikan terdapat sebelas pernyataan. Angket tanggapan siswa untuk aspek keterbacaan dan kemenarikan masing-masing dapat dilihat pada Lampiran 18 dan 20.

G. Teknik Analisis Data

1. Teknik analisis data hasil wawancara dan angket analisis kebutuhan

Setelah dilakukan pengumpulan informasi melalui pengisian angket analisis kebutuhan oleh guru dan siswa di tiga SMA/MA Negeri di Provinsi Lampung, hasil jawaban pada angket tersebut diolah untuk memperoleh hasil keseluruhan dari jawaban guru dan siswa. Adapun teknik analisis data pada tahap ini adalah:

- a. Mengkode atau klasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket.
- b. Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden.
- c. Menghitung persentase jawaban, bertujuan untuk melihat besarnya persentase jawaban dari setiap pertanyaan, sehingga data yang diperoleh dapat dianalisis.

Berikut rumus untuk menghitung persentase jawaban responden pada setiap item:

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

Keterangan :

$\% J_{in}$ = Persentase pilihan jawaban-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban-i

N = Jumlah seluruh responden

- d. Menjelaskan hasil penafsiran persentase jawaban dari responden dalam bentuk deskripsi naratif.

2. Teknik analisis data hasil validasi ahli, tanggapan guru dan tanggapan siswa

Setelah dilakukan pengumpulan informasi dilakukan analisis data hasil validasi ahli, tanggapan guru dan tanggapan siswa. Kegiatan dalam teknik analisis data angket kesesuaian isi, konstruksi, keterbacaan dan kemenarikan LKPD yang dikembangkan dilakukan dengan cara:

- a. Mengkode atau mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket. Dalam pengkodean data ini dibuat buku kode berupa tabel yang berisi tentang substansi-substansi yang hendak diukur, pertanyaan-pertanyaan yang menjadi alat ukur substansi tersebut serta kode jawaban dari setiap pertanyaan dan rumusan jawabannya.
- b. Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden.
- c. Memberi skor jawaban responden. Penskoran jawaban responden berdasarkan skala *Likert* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penskoran angket berdasarkan skala *Likert* (Sugiyono, 2010)

No.	Pilihan Jawaban	Skor
1.	Sangat Setuju (SS)	5
2.	Setuju (S)	4
3.	Kurang Setuju (KS)	3
4.	Tidak Setuju (TS)	2
5.	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

d. Mengolah jumlah skor jawaban responden. Pengolahan jumlah skor ($\sum S$) jawaban angket adalah:

1) Skor untuk pernyataan Sangat Setuju (SS)

$$S_1 = 5 \times \text{jumlah responden}$$

2) Skor untuk pernyataan Setuju (S)

$$S_2 = 4 \times \text{jumlah responden}$$

3) Skor untuk pernyataan Kurang Setuju (KS)

$$S_3 = 3 \times \text{jumlah responden}$$

4) Skor untuk pernyataan Tidak Setuju (TS)

$$S_4 = 2 \times \text{jumlah responden}$$

5) Skor untuk pernyataan Sangat Tidak Setuju (STS)

$$S_5 = 1 \times \text{jumlah responden}$$

e. Menghitung jumlah skor jawaban angket dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sum S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

Keterangan:

$\sum S$ = Jumlah skor jawaban

$S_{1,2,3,4,5}$ = Jumlah skor untuk jawaban-i

f. Menghitung persentase jawaban dari setiap pertanyaan pada angket dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Sudjana, 2005):

$$\%X \text{ in} = \frac{\sum S}{S_{\text{maks}}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\%X \text{ in}$ = Persentase jawaban angket-i

$\sum S$ = Jumlah skor jawaban

S_{maks} = Skor maksimum

- g. Menghitung rata-rata persentase jawaban setiap angket untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi materi, konstruksi, keterbacaan, dan kemenarikan LKPD dengan rumus sebagai berikut (Sudjana, 2005):

$$\% \bar{X}_i = \frac{\sum \% X_{in}}{N}$$

Keterangan:

$\% \bar{X}_i$ = Rata-rata persentase angket-i

$\sum \% X_{in}$ = Jumlah persentase angket-i

N = Jumlah pertanyaan angket

- h. Menafsirkan hasil persentase angket secara keseluruhan dengan menggunakan kriteria seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Tafsiran persentase angket (Arikunto, 2010)

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

- i. Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli dengan menggunakan kriteria seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria validasi (Arikunto, 2010)

Presentase (%)	Tingkat kevalidan	Keterangan
100 – 76	Valid	Layak/tidak perlu revisi
75 – 61	Cukup valid	Cukup layak/Revisi sebagian
60 – 26	Kurang valid	Kurang layak/revisi sebagian
<26	Tidak valid	Tidak layak/revisi total

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik LKPD yang dikembangkan adalah struktur LKPD terdiri dari bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pendahuluan meliputi *cover* luar, *cover* dalam, kata pengantar, daftar isi, petunjuk umum penggunaan LKPD, dan petunjuk penggunaan *Software Avogadro*. Bagian isi terdiri dari *cover* pembatas LKPD, identitas LKPD, lembar KI-KD, indikator pencapaian materi, tujuan pembelajaran, serta tahapan pembelajaran yang mengikuti langkah-langkah pembelajaran pada pendekatan saintifik meliputi: tahap mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi dan mengomunikasikan. Bagian penutup berisi daftar pustaka dan *cover* belakang LKPD. LKPD melatih siswa memvisualisasikan struktur 3D senyawa hidrokarbon dengan *Software Avogadro*. LKPD telah melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, meliputi: menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta.
2. Hasil validasi ahli terhadap LKPD yang dikembangkan pada aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi masing-masing sebesar 77,54%, 77,27%, dan 87,50% yang dikategorikan tinggi dan sangat tinggi sehingga dikatakan valid.
3. Tanggapan guru terhadap produk LKPD yang dikembangkan pada aspek kesesuaian isi, keterbacaan, dan konstruksi masing-masing memiliki persentase sebesar 86,49%, 93,94%, dan 94,16% yang dikategorikan sangat tinggi sehingga layak dijadikan sebagai media pembelajaran.

4. Tanggapan siswa terhadap produk LKPD yang dikembangkan pada aspek keterbacaan dan kemenarikan masing-masing memiliki persentase sebesar 92,18% dan 90,01% yang dikategorikan sangat tinggi sehingga layak dijadikan sebagai media pembelajaran.
5. Kendala selama penyusunan dan pengembangan produk LKPD antara lain kurangnya referensi terkait panduan penggunaan *Software Avogadro* serta antusiasme guru dan siswa dalam mengisi angket pada studi pendahuluan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk:

1. Membaca panduan penggunaan *Software Avogadro* yang telah disusun dalam LKPD pada penelitian ini sebagai referensi.
2. Memberikan batasan waktu dalam pengisian angket guru dan siswa agar tidak memakan banyak waktu untuk memperoleh data.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A. 2018. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Think Talk Write (TTW) pada Materi Hidrokarbon untuk Kelas XI IPA MA Al-Mustaqim. (*Skripsi*). Pontianak. Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assesing; A revision of Bloom's Taxonomy of Education Objectives*. New York: Addison Wesley Lonman Inc.
- Arikunto, S. 2010. *Evaluasi Program Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arsyad, A. 2017. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Barniol, Pablo, & Zavala, G. 2016. A Tutorial Worksheet to Help Students Develop the Ability to Interpret the Dot Product as a Projection. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2387-2398.
- Bloom, B.S. 1956. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook I Cognitive Domain*. New York: Longmans, Green and Co.
- Borg, W.R. & Gall, M.D. 1989. *Educational Research: An Introduction, Fifth Edition*. New York: Longman.
- Bowen, J.P., Bowen, A.M., & Harrison, K. 2016. Creative Visualization in Chemistry. *International Journal Creative Computing*, 1(2/3/4), 231-273.
- Brookhart, S.M. 2010. *How To Assess Higher-Order Thinking Skills In Your Classroom*. United States of America: ASCD Member Book.
- Cornell, T. & Hutchison, G. 2015. *Avogadro: Education*. Diakses pada 15 Februari 2021, dari <http://www.Avogadro/teaching/>.
- Depdiknas. 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta : Depdiknas.
- _____. 2013. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 18A Tahun 2013 Tentang Implementasi Kurikulum*. Jakarta: Depdiknas.

- Depdiknas. 2014. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 103 Tahun 2014 Tentang Pembelajaran pada Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Depdiknas.
- _____. 2018. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 37 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Depdiknas.
- Dewita, N. 2020. Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Visualisasi 3D dan Animasi Molekul Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA pada Sub Pokok Bahasan Bentuk Molekul. (*Skripsi*). Medan. Universitas Negeri Medan.
- Firdaus, M. & Wilujeng, A. 2018. Pengembangan LKPD Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26-40.
- Hahre, W.J., Nelson, J.E., & Shusterman, A.J. 1998. *The Molecular Modeling Workbook for Organic Chemistry*. Irvine: Wavefunction, Inc.
- Hairudin, Herdini, & Linda, R. 2016. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Predict-Observe-Explain (POE) untuk Menunjang Pelaksanaan Kurikulum 2013 pada Mata Pelajaran Kimia SMA Pokok Bahasan Koloid. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(3), 1-10.
- Hamdani. 2011. *Strategi Belajar Mengajar*. Bandung: Pustaka Setia.
- Haqsari, R. 2014. Pengembangan dan Analisis E-LKPD (Elektronik-Lembar Kerja Peserta Didik) Berbasis Multimedia pada Materi Mengoperasikan Software Spreadsheet. (*Skripsi*). Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hasby. 2018. Pengaruh Software Visualisasi terhadap Hasil dan Minat Belajar Siswa pada Materi Bentuk-Bentuk Molekul di SMA Negeri 4 Langsa. *CHEMICA: Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, 1(1), 21-25.
- Heinich, Robert, Molenda M., & Russel, D. 1982. *Instructional Media: and the New Technology of Instruction*. New York: Jonh Wily and Sons.
- Herron, J.D., Cantu, L.L., Ward, R., & Srinivasan, V. 1977. Problems Associateed with Concept Analysis. *Science Education*, 61(2), 185–199.
- Hichliffe, A. 2003. *Molecular Modelling for Beginners*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Hosnan, M. 2014. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual Dalam Pembelajaran Abad 21*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

- Janah, F. 2019. Hubungan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS) dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Kimia. (*Skripsi*). Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Korakakis, G., Boundouvis, A., Palyvos, J., & Pavlatou, E.A. 2012. The Impact of 3D Visualization Types in Instructional Multimedia Applications for Teaching Science. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 31, 145-149.
- Kustandi & Sutjipto. 2011. *Media Pembelajaran Manual dan Digital*. Bogor : Ghalia.
- Lusyana, E. & Wangge, M. 2016. Increasing Higher Order Thinking Skill to Build Students's Character by Using Mathematical Reasoning. *Proceeding of 3rd International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Science*, ISBN 978-602-74529-0-9, 119-126.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Foy, P., & Hooper, M. 2016. *TIMSS 2015 International Results in Science*. Retrieved from Boston College, USA, TIMSS & PIRLS International Study Center. Diakses pada 15 Februari 2021, dari <http://timssandpirls.bc.edu/timss/2015/international-results/timss-2015/science/student-achievement/>.
- Mayer, R.E. 2001. *Multimedia Learning*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Milner, N., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. 1987. Variables that Affect Students Enrollment in Science Courses. *Research in Science and Technological Education*, 5(2), 201-208.
- Munirah. 2014. Upaya Peningkatan Mutu Hasil Belajar Melalui Media Pembelajaran. *AULADUNA*, 1(1), 80-88.
- Musfiqon. 2012. *Pengembangan Media Belajar Dan Sumber Belajar*. Jakarta : Prestasi Pustakakarya.
- OECD. 2019. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris. Diakses pada 15 Februari 2021, dari <https://www.OECD.org/pisa/publications/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm>.
- Poppy, K.D. 2009. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran*. Jakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan dan Tenaga Kependidikan.
- Prastowo, A. 2014. *Pengembangan Bahan Ajar Tematik Tinjauan Teoritis dan Praktik*. Jakarta: Kencana.
- _____. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.

- Pratomo, A. & Irawan A. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Menggunakan Metode Hannafin dan Peck. *Jurnal POSITIF*, 1(1), 14-28.
- 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.
- Rofiah, E., Aminah, N.N., & Ekawati, E.Y. 2013. Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(2), 17-22.
- Sanjaya, W. 2006. *Strategi Pembelajaran berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Grup.
- Satish, C.J. & Mahendran, A. 2019. The Effect of 3D Visualization on Mainframe Application Maintenance: A Controlled Experiment. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 31(3), 403-414.
- Siddiq, M.D., Isniatun, M., & Sungkono. 2008. *Pengembangan Bahan Pembelajaran SD*. Jakarta: Ditjen Dikti Diknas.
- Sudjana, N. & Rivai, A. 2005. *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta.
- Sukmadinata, N.S. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosda Karya.
- Sumaatmadja, N. 1986. *Materi Pokok Konsep Dasar Ilmu Pengetahuan Sosial*. Jakarta: Karunia UT.
- Sunaryo. 1989. *Strategi Belajar Mengajar dalam Pengajaran Ilmu Pengetahuan Sosial*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Wahyuni, N. 2018. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Refutation Text Pada Materi Senyawa Hidrokarbon di SMA. (*Artikel Penelitian*). Pontianak. Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Wu, H., He, Z., & Gong, J. 2010. A Virtual Globe-Based 3D Visualization and Interactive Framework for Public Participation in Urban Planning Processes. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 34(4), 291-298.

- Yani, F.H. 2019. Efektivitas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan High Order Thinking Skills (HOTS) pada Materi Larutan Penyangga. (*Tesis*). Padang. Universitas Negeri Padang.
- Yuanita, E., Sudirman, Ulfa, M., Dharmayani, N.K.T., Sumarlan, I., Sudarma, I.M. 2018. Aplikasi Chemdraw dan Avogadro untuk Meningkatkan Pemahaman dan Minat Dalam Bidang Kimia. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 209-214.
- Yuberti. 2014. *Teori Pembelajaran dan Pengembangan Bahan Ajar dalam Pendidikan*. Bandar Lampung: Aura.
- Yusniawan, R., Isnaini, M., & Jayanti, E. 2019. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Kimia Terintegrasi Nilai-Nilai Islam pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Intelektualita: Keislaman, Sosial, dan Sains*, 8(2), 181-190.