

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN KETERAMPILAN
MEMILIH REPRESENTASI YANG TEPAT
PADA TOPIK IKATAN KIMIA**

(Skripsi)

Oleh

**MELIZA PUTRI
NPM 2113023029**



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

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN KETERAMPILAN
MEMILIH REPRESENTASI YANG TEPAT
PADA TOPIK IKATAN KIMIA**

Oleh

MELIZA PUTRI

Skripsi

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

Pada

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



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN KETERAMPILAN MEMILIH REPRESENTASI YANG TEPAT PADA TOPIK IKATAN KIMIA

Oleh

MELIZA PUTRI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen asesmen yang dapat mengukur keterampilan siswa dalam memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D) berdasarkan model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan, yang dilaksanakan hingga tahap ketiga, yaitu pendefinisian, perancangan, dan pengembangan. Instrumen ini dirancang dengan mengacu pada kerangka kerja *Three-Dimensional Learning Assessment Protocol* (3D-LAP) yang dikemukakan oleh Laverty et al., (2016), yang mengintegrasikan tiga dimensi pembelajaran, yaitu praktik ilmiah (*science and engineering practices*), konsep inti disiplin (*disciplinary core ideas*), dan konsep lintas disiplin (*crosscutting concepts*). Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 15 Bandar Lampung dengan subjek penelitian berupa instrumen asesmen keterampilan representasi kimia pada materi ikatan kimia. Proses validasi instrumen dilakukan oleh tiga dosen pendidikan kimia, serta disertai dengan tanggapan dari guru mata pelajaran. Penilaian instrumen mencakup tiga aspek utama, yaitu kesesuaian isi (meliputi keterkaitan dengan kurikulum, indikator *representational competence*, dan keselarasan dengan kerangka 3D-LAP), konstruksi soal, dan kepraktisan penggunaan instrumen. Berdasarkan hasil validasi ahli, instrumen memperoleh kategori sangat tinggi pada aspek kesesuaian isi dan konstruksi. Sementara itu, tanggapan guru juga menunjukkan bahwa instrumen berada pada kategori sangat tinggi dalam aspek kesesuaian isi, konstruksi, dan kepraktisan. Oleh karena itu, instrumen asesmen keterampilan dalam memilih representasi yang tepat dapat dimanfaatkan sebagai asesmen yang relevan bagi siswa.

Kata Kunci: 3D-LAP, instrumen asesmen, ikatan kimia, keterampilan memilih representasi, model 4D, representasi kimia

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT INSTRUMENT FOR SKILLS IN SELECTING APPROPRIATE REPRESENTATIONS ON THE TOPIC OF CHEMICAL BONDING

By

MELIZA PUTRI

This study aimed to develop an assessment instrument that can measure students' skills in choosing the appropriate representation on the topic of chemical bonding. The research method used is research and development (R&D) based on the 4D model developed by Thiagarajan, implemented up to the third stage: definition, design, and development. This instrument was designed with reference to the Three-Dimensional Learning Assessment Protocol (3D-LAP) framework proposed by Laverty et al., (2016), which integrates three dimensions of learning: science and engineering practices, disciplinary core ideas, and crosscutting concepts. This study was conducted at SMA Negeri 15 Bandar Lampung with the research subject being an assessment instrument for chemical representation skills on chemical bonding material. The instrument validation process was carried out by three chemistry education lecturers, accompanied by feedback from subject teachers. The instrument evaluation covered three main aspects: content suitability (including alignment with the curriculum, indicators of representational competence, and consistency with the 3D-LAP framework), question construction, and practicality of instrument use. Based on the expert validation results, the instrument received a very high rating in terms of content suitability and construction. Meanwhile, teacher feedback also indicated that the instrument was rated very high in terms of content suitability, construction, and practicality. Therefore, skill assessment instruments for selecting appropriate representations can be used as relevant assessments for students.

Keywords: 3D-LAP, assessment instrument, chemical bonding, skill in selecting representations, 4D-model, chemical representation

Judul Skripsi

: **PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN
KETERAMPILAN MEMILIH REPRESENTASI
YANG TEPAT PADA TOPIK IKATAN KIMIA**

Nama Mahasiswa

: **Meliza Putri**

No. Pokok Mahasiswa

: **2113023029**

Program Studi

: **Pendidikan Kimia**

Jurusan

: **Pendidikan MIPA**

Fakultas

: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. **Komisi Pembimbing**


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

NIP 19860728 200812 2 001


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

NIP 19901206 201912 1 001

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

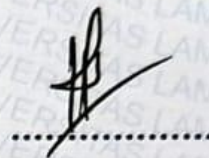
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

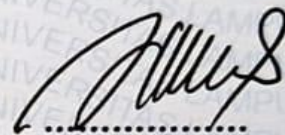
Ketua

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



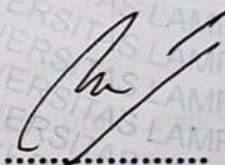
Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.
NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **24 Juni 2025**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meliza Putri
No Pokok Mahasiswa : 2113023029
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Jurusan : Pendidikan Kimia

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

Bandar Lampung, 24 Juni 2025
Yang Menyatakan



Meliza Putri
NPM 2113023029

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sebarus, Kabupaten Lampung Barat, pada tanggal 26 Mei 2003 sebagai putri pertama dari dua bersaudara, pasangan Bapak Mirza dan Ibu Enni Estuti. Pendidikan dimulai di TK Nurul Islam Liwa pada tahun 2008, lalu dilanjutkan ke SD Negeri 1 Sebarus pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2015.

Setelah itu, melanjutkan pendidikan di MTs Negeri 1 Lampung Barat dan lulus pada tahun 2018. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 1 Liwa dan selesai pada tahun 2021.

Pada tahun yang sama, diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama kuliah, aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan, seperti Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (FOSMAKI) dan Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (HIMASAKTA). Pada tahun 2024, kegiatan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) dilakukan di MTs S Al-Furqon Rawi dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) dilaksanakan di Desa Rawi, Kecamatan Penengahan, Kabupaten Lampung Selatan.

MOTTO

"Barangsiapa bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil."

(QS. Al-Ankabut: 69)

"Ilmu tanpa amal adalah kegilaan, dan amal tanpa ilmu adalah kesia-siaan."

(Imam Al-Ghazali)

"The only way to do great work is to love what you do."

(Steve Jobs)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya yang tiada henti mengiringi setiap langkah hingga akhirnya karya ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kupersembahkan karya sederhana ini kepada mereka yang menjadi cahaya dalam kehidupanku:

Ayahanda (Mirza) & Ibunda (Enni Estuti)

Kalian adalah cahaya pertama dalam hidupku, tempat aku berpulang dalam lelah, dan kekuatan saat langkah terasa goyah. Terima kasih atas kasih sayang yang tak terucap, doa yang tak pernah putus, dan keikhlasan yang tak ternilai.

Adikku Tersayang (Khairunisa Isnaini)

Kamu adalah penyemangat yang tak pernah sadar betapa besar peranmu dalam proses ini. Tetaplah menjadi pribadi yang ceria dan berani mengejar mimpi.

Para Pendidikku (Guru & Dosen)

Terima kasih atas cahaya ilmu, atas waktu dan dedikasi yang telah kalian curahkan. Kalian bukan hanya pengajar, tetapi juga pembimbing dalam hidup.

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat Pada Topik Ikatan Kimia” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan. Dukungan dari berbagai pihak sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia;
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc., selaku pembimbing I dan pembimbing akademik atas segala kesediaan, kesabarannya memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses perbaikan serta penyelesaian skripsi ini di sela-sela kesibukan;
5. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II, atas bimbingan, masukan, dan waktunya dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini;
6. Prof.Dr.Chansyanah Diawati, M.Si., selaku pembahas atas kesediannya memberi bimbingan, kritik, dan saran yang bermanfaat dalam proses penyusunan skripsi ini. Masukan beliau sangat membantu penulis dalam memperbaiki dan menyempurnakan karya ini;
7. Dosen-dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA;
8. Bapak Dr. Bayu Saputra, S.Pd., M.Pd., Ibu Annisa Meristin, M.Pd., dan Ibu Gamila Nuri Utami, M.Pd., atas kesediaannya menjadi validator dalam penelitian ini serta atas masukan, saran, dan koreksi yang sangat membantu dalam penyempurnaan instrumen penelitian;

9. Kepala SMA Negeri 15 Bandar Lampung Ibu Maria Habiba, M.Pd. serta Ibu Anita Maryanis, S.Pd. selaku guru pamong atas bantuannya selama melaksanakan penelitian;
10. Ayah, ibu, adik perempuanku tercinta, atas kasih sayang dan dukungan, serta doa yang tidak ada hentinya untuk kelancaran dalam menyelesaikan studi di Pendidikan Kimia;
11. Keluarga besar Ajong Zainul & Among Zaiti, serta keluarga besar Ajong Aji M. Zaili & Among Aji Siti Yusni, yang telah memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang tulus selama penulis menempuh pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini;
12. Teman-teman seperjuanganku Pendidikan Kimia Angkatan 2021 yang telah kebersamai penulis dalam menempuh pendidikan di Universitas Lampung;
13. Teman-teman tim skripsi: Rona, Dela, Siska, Ambar, dan Hasna, yang telah kebersamai penulis dalam proses penyusunan skripsi dengan semangat, kerja sama, saling mendukung, dan berbagi perjuangan hingga tahap akhir;
14. Teman-teman KKN dan PLP tercinta: Tri Sela, Nabila, Susneda, Jennisa, Kinan, Rema, dan Eka, yang telah menjadi teman seperjuangan selama pelaksanaan KKN dan PLP di Desa Rawi, serta telah kebersamai penulis dengan semangat, kerja sama, dan kebersamaan yang tak terlupakan;
15. Segala pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala dukungannya.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 24 Juni 2025

Penulis,

Meliza Putri

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang dan Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Kompetensi Representasional.....	6
B. Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat	8
C. Instrumen Asesmen 3D-LAP	9
D. Penelitian yang Relevan	11
III. METODE PENELITIAN	16
A. Desain Penelitian	16
B. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	17
C. Sumber Data	20
D. Alur Penelitian.....	20
E. Instrumen Penelitian	22
F. Teknik Analisis Data.....	25
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Hasil Penelitian dan Pembahasan	29
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	57
A. Simpulan.....	57
B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	64

1. Rekapitulasi Angket Analisis Kebutuhan Guru.....	65
2. Rekapitulasi Angket Analisis Kebutuhan Siswa	69
3. Rekapitulasi angket validasi ahli aspek kesesuaian isi	72
4. Rekapitulasi angket validasi ahli aspek konstruksi	79
5. Rekapitulasi Angket Tanggapan Guru Aspek Kesesuaian Isi	82
6. Rekapitulasi Angket tanggapan guru aspek konstruksi.....	89
7. Rekapitulasi Angket tanggapan guru aspek kepraktisan	92
8. Kisi-kisi soal	96
9. Instrumen Soal	101
10. Rubrik Penilaian.....	107
11. Rekapitulasi data jawaban siswa	117
12. Hasil Uji Validitas	119
13. Hasil Uji Reliabilitas	123
14. Surat Penelitian	125
15. Dokumentasi Penelitian	126

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian yang relevan	12
2. Penskoran pada angket untuk pertanyaan positif.....	25
3. Tafsiran persentase angket	27
4. Tafsiran persentase angket	27
5. Kriteria derajat reliabilitas.....	28
6. Kisi-kisi soal keterampilan memilih representasi yang tepat.....	38
7. Persentase hasil validasi ahli	44
8. Hasil uji coba pengembangan	49
9. Hasil Uji Validitas Instrumen	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga tingkat representasi yang digunakan dalam kimia	7
2. Model 4D	16
3. Alur Penelitian Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat pada Topik Ikatan Kimia.	21
4. Tanggapan siswa terkait evaluasi soal HOTS	31
5. Tanggapan siswa terkait kemampuan siswa dalam aspek.....	32
6. Tanggapan perlunya pengembangan asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat	33
7. Tanggapan peserta didik terkait instrumen yang digunakan saat.....	34
8. Tanggapan peserta didik terkait kesesuaian soal dan materi.....	35
9. Contoh instrumen soal.....	40
10. Persentase kesesuaian asesmen dengan kurikulum.....	44
11. Fenomena sebelum di revisi	45
12. Fenomena setelah direvisi	45
13. Persentase kesesuaian asesmen dengan indikator rc	45
14. Representasi soal sebelum di revisi.....	46
15. Representasi soal setelah di revisi.....	46
16. Representasi soal no.5 sebelum di revisi.....	46
17. Representasi soal no.5 setelah di revisi.....	47

18. Persentase kesesuaian asesmen dengan 3D-LAP.....	47
19. Hasil validasi konstruksi	48
20. Rubrik sebelum direvisi	49
21. Rubrik setelah direvisi	49
22. Persentase kesesuaian asesmen dengan kurikulum.....	50
23. Persentase kesesuaian asesmen dengan indikator RC.....	51
24. Persentase kesesuaian asesmen dengan 3D-LAP.....	52
25. Hasil validasi konstruksi	53
26. Hasil tanggapan kepraktisan	54

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Asesmen dalam pembelajaran kimia sangat penting karena membantu guru mengetahui pemahaman siswa dan kesulitan yang mereka hadapi selama belajar. Saat ini, banyak instrumen asesmen yang digunakan di sekolah masih berfokus pada hasil akhir saja. Biasanya, soal yang diberikan berupa pilihan ganda atau esai yang hanya mengukur hafalan konsep, bukan bagaimana cara siswa berpikir atau memahami konsep secara mendalam (Gilbert, 2005; Gabel, 1999).

Hal ini kurang sesuai dengan karakteristik ilmu kimia yang memerlukan pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak, seperti atom, molekul, dan ikatan kimia, yang tidak bisa dilihat secara langsung (Brown dkk., 2020; Johnstone, 1993). Oleh karena itu, pembelajaran kimia membutuhkan bantuan representasi, seperti gambar, model partikel, dan simbol, yang dikenal sebagai tiga level representasi: makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Ketiga level ini harus dipahami bersama agar siswa bisa memahami konsep secara menyeluruh (Chittleborough & Treagust, 2007; Kozma & Russell, 2005).

Banyak siswa merasa kesulitan saat diminta menghubungkan antara fenomena nyata, gambaran partikel kecil, dan simbol kimia. Mereka sering bingung berpindah dari satu bentuk representasi ke bentuk lainnya (Wu & Shah, 2004; Rau, 2018). Kondisi ini menunjukkan pentingnya kemampuan representasional, yaitu kemampuan siswa untuk memahami, menggunakan, dan memilih representasi yang sesuai dalam menjelaskan konsep kimia (Corradi dkk., 2012; Ainsworth, 2006). Kemampuan ini terbagi menjadi dua tingkat, yaitu kemampuan dasar untuk memahami dan mengubah representasi, dan kemampuan lanjutan untuk memilih serta mengevaluasi representasi yang paling tepat sesuai dengan situasi

(diSessa, 2004; Kozma & Russell, 2005). Di sekolah, pembelajaran kimia cenderung masih fokus pada kemampuan dasar, sementara kemampuan memilih representasi yang tepat masih jarang dilatih (Rau, 2017; Denton dkk., 2022).

Untuk membantu menilai kemampuan siswa secara lebih menyeluruh, Laverty dkk., (2016) mengembangkan pendekatan penilaian yang disebut *Three-Dimensional Learning Assessment Protocol* (3D-LAP). Pendekatan ini menggabungkan tiga aspek penting dalam pembelajaran sains, yaitu praktik ilmiah, konsep lintas disiplin, dan ide inti. Dengan 3D-LAP, guru dapat menilai tidak hanya pemahaman konsep, tetapi juga bagaimana siswa berpikir dan menggunakan pengetahuan secara ilmiah (Cooper & Stowe, 2018; Moon dkk., 2016). Sementara itu, beberapa instrumen lain juga sudah dikembangkan. Misalnya, ORCA digunakan untuk menilai kemampuan mahasiswa dalam memahami representasi kimia organik (Ward dkk., 2025), dan tes diagnostik dua tingkat untuk mengidentifikasi miskonsepsi pada topik ikatan kimia (Tan & Treagust, 1999; Chandrasegaran dkk., 2007). Meskipun bermanfaat, instrumen-instrumen tersebut belum secara khusus menilai kemampuan siswa dalam memilih representasi yang tepat sesuai konteks pembelajaran.

Di Indonesia, permasalahan ini juga sering ditemukan. Banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami topik ikatan kimia karena tidak mampu menghubungkan ketiga level representasi dengan baik (Pratiwi & Suja, 2018; Rokhim dkk., 2023). Penelitian lain menunjukkan bahwa kelemahan pemahaman pada level submikroskopik menjadi penyebab munculnya miskonsepsi, bahkan pada konsep dasar seperti ikatan logam (Nursa'adah & Liliarsari, 2020). Selain itu, calon guru kimia juga masih banyak yang belum menguasai penggunaan representasi dengan benar (Suja, 2015), sehingga berpotensi menularkan miskonsepsi saat mengajar.

Untuk memahami kondisi di lapangan, dilakukan studi pendahuluan di SMA Negeri 15 Bandar Lampung. Survei dilakukan kepada tiga guru dan 35 siswa kelas XI. Berdasarkan hasil angket, diketahui bahwa seluruh guru (100%) secara rutin menggunakan representasi kimia pada level submikroskopik, khususnya dengan bantuan model molekul, dalam pembelajaran topik ikatan kimia. Seluruh

guru sepakat bahwa kemampuan siswa dalam memilih representasi baik makroskopik, submikroskopik, maupun simbolik merupakan aspek penting yang perlu ditekankan dalam pembelajaran kimia. Para guru merasa tidak mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep menggunakan berbagai bentuk representasi. Akan tetapi, mereka tetap mengakui bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memilih representasi yang tepat untuk memahami konsep kimia secara menyeluruh.

Seluruh guru telah menggunakan instrumen asesmen seperti asesmen kognitif dan keterampilan, serta telah memiliki rubrik dalam pelaksanaannya. Namun, tidak ada guru yang pernah menggunakan asesmen berbasis 3D-LAP (*Three-Dimensional Learning Assessment Protocol*), bahkan baru pertama kali mendengarnya. Seluruh guru menyatakan bahwa instrumen asesmen yang saat ini digunakan belum mampu menggambarkan kemampuan siswa dalam memilih representasi yang tepat, sehingga mereka merasa penting dan perlu mengembangkan instrumen penilaian berbasis 3D-LAP untuk topik ikatan kimia.

Data dari peserta didik mendukung temuan tersebut. Sebagian besar siswa menyatakan bahwa asesmen kognitif yang mereka terima berbentuk soal esai dan pilihan jamak. Seluruh siswa menyatakan bahwa guru mereka menggunakan representasi dalam mengajar, dan hal tersebut membantu mereka memahami soal. Namun demikian, 71,42% siswa mengaku sering bingung membedakan antara simbol kimia, gambar partikel, dan fenomena nyata. Lebih lanjut, 57,14% siswa menyatakan kesulitan dalam memilih representasi yang tepat untuk menjelaskan konsep kimia. Menariknya, seluruh siswa menyatakan pentingnya pengembangan instrumen asesmen yang menilai proses bukan hanya hasil akhir. Mereka menilai bahwa instrumen yang baik harus mampu membuka wawasan, berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, dan menilai proses belajar.

Temuan ini menunjukkan bahwa ada kesenjangan antara kebutuhan penilaian representasional dan instrumen yang digunakan saat ini. Kemampuan memilih representasi yang tepat sangat penting untuk membangun pemahaman kimia yang utuh, karena melibatkan kemampuan menghubungkan berbagai level representasi secara bersamaan (Popova & Jones, 2021; Ainsworth, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dikembangkan instrumen penilaian yang dapat mengukur kemampuan siswa dalam memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul "Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat pada Topik Ikatan Kimia".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia yang dikembangkan?
2. Bagaimanakah tanggapan guru terhadap instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia yang dikembangkan?
3. Bagaimana validitas dan reliabilitas instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia yang dikembangkan ?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Mengembangkan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.
2. Mendeskripsikan karakteristik instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.
3. Mendeskripsikan tanggapan guru terhadap instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.
4. Mendeskripsikan validitas dan reabilitas instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Guru

Pengembangan instrumen asesmen ini dapat dijadikan referensi bagi guru dalam merancang dan mengembangkan instrumen asesmen yang lebih baik untuk pembelajaran kimia.

2. Siswa

Pengembangan instrumen asesmen ini mampu mengukur keterampilan siswa dalam memilih representasi yang tepat dalam pembelajaran kimia.

3. Sekolah

Pengembangan instrumen asesmen ini dapat dijadikan referensi bagi sekolah dalam mengembangkan instrumen asesmen yang lebih baik untuk digunakan dalam sistem penilaian siswa.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari kesalahpahaman mengenai penelitian ini, disediakan ruang lingkup sebagai berikut.

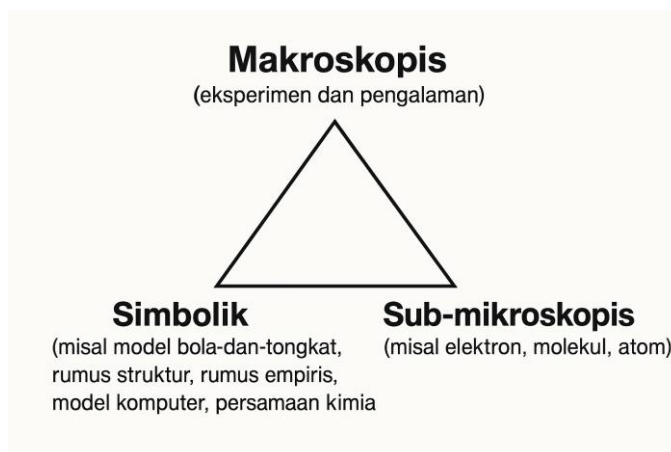
1. Instrumen asesmen yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang berdasarkan kerangka 3D-LAP (*Three-Dimensional Learning Assessment Protocol*) yang dikemukakan oleh Laverty dkk., (2016) dan disesuaikan untuk konteks pembelajaran sains.
2. Keterampilan memilih representasi yang tepat dalam konteks kimia mengacu pada konsep *representational competence* dari Kozma & Russell (2005).
3. Metode pengembangan instrumen asesmen ini mengikuti model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) oleh Thiagarajan (1974), tetapi dibatasi hanya sampai tiga tahap awal yaitu *Define, Design*, dan *Develop* guna memastikan kelayakan awal instrumen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kompetensi Representasional

Kompetensi representasional adalah kemampuan seseorang untuk menggunakan berbagai cara representasi atau visualisasi untuk memahami, berpikir, dan berkomunikasi tentang fenomena kimia. Ini termasuk kemampuan untuk menggunakan berbagai representasi secara tunggal dan bersama-sama untuk memahami entitas fisik yang mendasarinya, proses, dan konsep kimia. Dengan demikian, kompetensi representasional memungkinkan seseorang untuk memahami kimia secara lebih mendalam dan efektif (Kozma, 2000a; Kozma, 2000b; Kozma, 1997).

Para ahli pendidikan kimia telah mengelompokkan representasi menjadi dua kategori utama yang saling melengkapi yaitu representasi eksternal dan internal (Kozma & Russell, 2005). Representasi eksternal dapat didefinisikan sebagai bentuk-bentuk representasi yang bersifat fisik yang dapat diamati secara langsung oleh indera manusia seperti gambar, diagram, model fisik, simulasi komputer, persamaan matematika, dan simbol-simbol kimia (Gilbert & Treagust, 2009). Sementara itu, representasi internal adalah konstruksi mental atau gambaran dalam pikiran seseorang tentang suatu konsep atau fenomena kimia (Bodner & Domin, 2000). Pemahaman konseptual dalam representasi internal mencakup jaringan pengetahuan yang terstruktur, yang menghubungkan berbagai konsep kimia, serta kemampuan untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam berbagai konteks (Chi dkk., 1994).



Gambar 1. Tiga tingkat representasi yang digunakan dalam kimia (Treagust dkk., 2003).

Johnstone tahun 1993 menyatakan bahwa terdapat tiga tingkat representasi utama dalam kimia, yaitu makroskopis, mikroskopis, dan simbolis. Representasi makroskopik adalah representasi yang diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat oleh pancaindera atau berdasarkan pengalaman sehari-hari siswa. Contohnya adalah perubahan warna yang terjadi dalam suatu reaksi kimia. Di sisi lain, representasi submikroskopik memberikan penjelasan pada tingkat partikel, di mana materi digambarkan sebagai atom, molekul, atau ion. Sementara itu, representasi simbolik mencakup penggunaan simbol, rumus, dan persamaan kimia.

Keterampilan-keterampilan dalam *representational competence* mencakup kemampuan untuk: (a) menggunakan representasi untuk menjelaskan fenomena kimia yang diamati dalam konteks ensitas dan proses molekuler yang mendasarinya, (b) memilih atau membuat representasi dan memberikan alasan mengapa representasi tersebut sesuai dengan tujuan tertentu, (c) menginterpretasikan fitur-fitur dari representasi tertentu, (d) menghubungkan berbagai representasi terkait dengan memetakan elemen dari representasi ke representasi lainnya, (e) memahami bahwa representasi berhubungan tetapi berbeda dari fenomena yang diamati, (f) menggambarkan keterbatasan dan keunggulan berbagai representasi, serta (g) menggunakan representasi dalam konteks sosial untuk mendukung klaim, menarik kesimpulan, dan membuat prediksi terkait fenomena kimia (Kozma & Russell, 2005).

Untuk memahami lebih dalam tentang kompleksitas representasi dalam pendidikan kimia, penting untuk membedakan antara dua tingkat representasi konseptual, yaitu *foundational representation* dan *meta representation*. *Foundational representation* adalah keterampilan dasar dalam memahami dan menggunakan representasi secara langsung dan konvensional. Level ini sangat penting untuk membangun fondasi konseptual siswa terhadap struktur dan proses kimia (Kozma & Russell, 2005; Eilam & Gilbert, 2014).

Sementara itu, meta-representasi mencakup keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*) yang memungkinkan siswa merefleksikan, membandingkan, dan membangun representasi baru. Meta-representasi sangat erat kaitannya dengan metakognisi dan kemampuan berpikir reflektif dalam pembelajaran kimia (Shen dkk., 2015; Keestra, 2017; Fleur dkk., 2021).

B. Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat

Keterampilan memilih representasi yang tepat adalah kemampuan mengevaluasi dan memilih bentuk representasi yang paling sesuai dengan tugas, konsep, atau masalah tertentu dalam konteks pembelajaran kimia (Ainsworth, 2006). Di sisi lain DiSessa, 2004 menyatakan bahwa kemampuan memilih representasi yang tepat mencakup keterampilan untuk berpindah antara berbagai representasi dan memahami bagaimana setiap representasi dapat memberikan perspektif unik terhadap fenomena yang sama. Dalam memilih representasi yang tepat, siswa harus memahami tujuan, keterbatasan, dan keunggulan dari berbagai bentuk representasi dalam kimia.

Menurut Gilbert (2005), siswa harus mampu membedakan berbagai jenis representasi yang ada, termasuk representasi makroskopik, representasi mikroskopik, dan representasi simbolik, serta memahami kapan dan mengapa masing-masing representasi digunakan. Selain itu, harus mengevaluasi kesesuaian representasi dengan menilai mana yang paling cocok untuk situasi tertentu (Bodner, 1991). Keterampilan ini juga mencakup kemampuan mengintegrasikan informasi dari berbagai representasi dalam upaya untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep kimia (Taber, 2002). Terakhir,

siswa harus menggunakan representasi yang efektif untuk mengomunikasikan gagasan dan temuan mereka dengan jelas kepada orang, baik dalam konteks diskusi kelas maupun laporan ilmiah (Ainsworth, 2006).

Menurut Ainsworth 1999, terdapat tiga aspek penting yang harus dipertimbangkan saat memilih representasi yang tepat: (a) relevansi representasi dengan konsep atau masalah yang dihadapi; (b) kemudahan interpretasi bagi pengguna atau siswa; dan (c) keterkaitan antar berbagai bentuk representasi yang digunakan, terutama ketika lebih dari satu representasi yang diterapkan dalam proses pembelajaran atau pemecahan masalah. Dalam konteks pendidikan, keterampilan ini mencakup tidak hanya pemahaman tentang berbagai jenis representasi, tetapi juga bagaimana menghubungkan representasi-representasi tersebut untuk mencapai pemahaman yang lebih mendalam.

Penelitian yang dilakukan oleh Kozma & Russell tahun 2005 mengungkapkan bahwa siswa dengan keterampilan representasi yang baik cenderung lebih sukses dalam memahami serta menyelesaikan masalah kimia. Hal ini dikarenakan mereka mampu menghubungkan berbagai tingkatan representasi dengan lebih efektif. Oleh karena itu, kemampuan ini menjadi sangat penting dalam pembelajaran kimia yang berfokus pada pemahaman konseptual, bukan sekedar hafalan.

C. Instrumen Asesmen 3D-LAP

Dalam pengembangan instrumen asesmen kompetensi representasional, (Lavery dkk., 2016) menyoroti pentingnya menggabungkan tiga dimensi pembelajaran sains yaitu *core ideas* (ide inti), *scientific practices* (praktik ilmiah), dan *crosscutting concepts* (konsep lintas bidang). Ide inti mencakup konsep-konsep dasar dalam disiplin sains, praktik ilmiah berfokus pada keterampilan dan proses yang digunakan ilmuwan dalam penelitian, sedangkan konsep lintas bidang menghubungkan berbagai disiplin ilmu. Instrumen asesmen yang dikembangkan harus mampu mengukur kemampuan siswa dalam menggunakan berbagai bentuk representasi seperti grafik, diagram, model

matematika, dan penjelasan verbal untuk menunjukkan pemahaman mereka terhadap konsep-konsep sains (Laverty & Caballero, 2018).

Laverty dkk., 2016 menjelaskan bahwa karakteristik *scientific practices* dalam 3D-LAP meliputi: mengembangkan dan menggunakan model, membangun penjelasan, terlibat dalam argumen berdasarkan bukti, dan menganalisis dan menginterpretasikan data. Untuk *crosscutting concepts*, protokol ini mencakup: pola, sebab dan akibat, sistem dan model sistem, energi dan materi, serta struktur dan fungsi. Sedangkan *core ideas* disiplin difokuskan pada konsep-konsep dasar dalam bidang sains tertentu.

Protokol Penilaian Pembelajaran Tiga Dimensi (3D-LAP) bertujuan untuk mengidentifikasi tugas penilaian dan seluruh proses penilaian sebagai sarana yang dapat memberikan bukti bahwa siswa telah berinteraksi dengan tiga dimensi yang ditetapkan dalam Kerangka Kerja untuk Pendidikan Sains K-12: praktik ilmiah, konsep lintas bidang, dan ide inti. Selain itu, protokol ini juga dirancang untuk membantu pengajar dalam mengembangkan atau menyesuaikan tugas penilaian yang sudah ada, sehingga tugas tersebut memberikan bukti keterlibatan siswa dengan ketiga dimensi tersebut (Laverty dkk., 2016).

Stowe & Cooper pada (2017) mengidentifikasi sejumlah karakteristik penting dari pembelajaran efektif berdasarkan 3D-LAP. Pertama, pembelajaran harus berfokus pada siswa, dengan penekanan pada aktivitas eksplorasi dan pembangunan pengetahuan oleh siswa. Kedua, aktivitas pembelajaran perlu bersifat kontekstual dan relevan dengan fenomena yang terjadi di dunia nyata. Ketiga, setiap aktivitas harus secara jelas mengintegrasikan ketiga dimensi pembelajaran. Keempat, asesmen formatif dan sumatif harus sesuai dengan prinsip-prinsip 3D-LAP.

Selain kedua tokoh tersebut, berbagai penelitian lain juga telah mengembangkan pendekatan serupa untuk mendukung penerapan penelitian berbasis *three-dimensional learning* dalam pendidikan sains. Krajcik dkk., (2014) menekankan pentingnya menyelaraskan asesmen dengan Next Generation Science Standards (NGSS) dan mengembangkan kerangka kerja berbasis *task*

templates untuk membantu guru merancang asesmen tiga dimensi secara konsisten. Di sisi lain, Cooper dkk., (2021) mengevaluasi integrasi tiga dimensi dalam asesmen kimia di tingkat perguruan tinggi dengan mengembangkan alat analisis bernama 3D-LAP for Chemistry. Mereka menemukan bahwa banyak asesmen yang masih belum mengintegrasikan praktik ilmiah dan konsep lintas bidang dengan baik. Fretz dkk., (2020) memberikan kontribusi melalui pengembangan learning progression yang menunjukkan tahapan perkembangan siswa dalam menggabungkan ketiga dimensi, sementara Moon et al. (2019) menemukan bahwa keberhasilan penerapan asesmen 3D-LAP sangat bergantung pada pemahaman konseptual guru mengenai prinsip-prinsip 3D-LAP.

Selanjutnya, Kloser dkk., (2018) dan DeBarger dkk., (2017) memfokuskan penelitian mereka pada asesmen berbasis fenomena dan formatif, yang dirancang untuk menilai sejauh mana siswa dapat membangun pemahaman ilmiah dengan mengintegrasikan dimensi-dimensi 3D dalam konteks dunia nyata. Quinn dkk., (2019) bahkan mengembangkan kerangka analisis yang lebih komprehensif untuk menilai keterlibatan siswa dengan dimensi sains dalam kurikulum dan asesmen, terutama bagi siswa yang memerlukan dukungan bahasa tambahan.

D. Penelitian yang Relevan

Penelitian-penelitian terkait yang mendukung penelitian yang akan dilakukan peneliti dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Penelitian yang relevan

No.	Penulis	Judul	Hasil
1.	Lavery, dkk., (2016).	<i>Characterizing College Science Assessments: The-Tree Dimensional Learning Assessment Protocol</i>	a. Mengukur kualitas asesmen dalam sains perguruan tinggi (biologi, kimia, fisika) berdasarkan keselarasan dengan tiga dimensi pembelajaran (Three-Dimensional Learning) dari <i>Framework for K-12 Science Education</i>. b. Instrumen ini terbukti valid dan reliabel, berdasarkan uji inter-rater agreement (Fleiss' kappa = 0.82) dan proses validasi iteratif berbasis ahli. c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi, <i>disciplinary core ideas</i> (konsep inti sains), <i>scientific practices</i> (praktik ilmiah seperti menjelaskan, menalar, memodelkan), <i>crosscutting concepts</i> (konsep lintas disiplin seperti sebab-akibat, sistem dan model).
2.	Tan, K. C. D., & Treagust, D. F. (1999).	<i>Evaluating students' understanding of chemical bonding</i>	a. Mengidentifikasi miskonsepsi siswa SMA tentang ikatan ionik, kovalen, dan struktur molekul. b. Instrumen ini terbukti valid dan reliabel secara klasik; terdiri dari 20 soal dua tingkat (two-tier multiple-choice). Reliabilitasnya Cronbach's Alpha= 0.74. c. Instrumen ini mengukur dimensi, identifikasi jenis ikatan (ionik, kovalen, logam), interpretasi struktur dan sifat ikatan, kemampuan menyimpulkan sifat zat dari representasi ikatan.

Tabel 1. Lanjutan

No.	Penulis	Judul	Hasil
3.	Chandrasegaran, dkk., (2007)	<i>The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple representations.</i>	a. Mengukur kemampuan representasional siswa sekolah menengah dalam memahami reaksi kimia melalui representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. b. Instrumen ini terbukti valid dan reliabel dengan analisis kuantitatif (indeks diskriminasi yang memadai untuk 12 dari 15 item, indeks kesulitan yang beragam, dan reliabilitas internal yang dapat diterima). c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi, interpretasi representasi, translasi antar representasi, penggunaan representasi untuk inferensi
4.	Ward, dkk., (2025).	<i>Design, Development, and Evaluation of the Organic Chemistry Representational Competence Assessment (ORCA)</i>	a. Mengukur kompetensi representasional mahasiswa kimia organik. b. Instrumen ini terbukti valid dan reliabel dengan CFA (RMSEA = 0.05, CFI = 0.97, TLI = 0.95, Cronbach's Alpha > 0.80). c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi, interpretasi representasi, translasi antar representasi, penggunaan representasi untuk inferensi

Tabel 1. Lanjutan

No.	Penulis	Judul	Hasil
5.	Klein & Kuhn (2017)	Assessment of Representational Competence in Kinematics	a. Mengembangkan instrumen untuk mengukur RC dalam kinematika fisika. b. Instrumen asesmen ini terbukti valid dan reliabel dengan uji CFA. Dengan nilai RMSEA = 0.05, CFI = 0.97, TLI = 0.95 dan Cronbach's Alpha > 0.80. c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi, interpretasi representasi, translasi antar representasi, produksi representasi, evaluasi representasi.
6.	Stowe & Cooper (2017)	Practicing What We Preach: Assessing "Critical Thinking" in Organic Chemistry	a. Mengembangkan asesmen berbasis tugas kontekstual untuk mengukur berpikir kritis dan representational competence dalam topik kimia organik, terutama reaksi dan struktur molekul. b. Instrumen asesmen ini terbukti valid dan reliabel dengan hasil uji reliabilitas internal: Cronbach's Alpha = 0.84. Validitas instrumen diuji dengan pakar dan melalui pemetaan jawaban mahasiswa terhadap indikator RC dan critical thinking. c. Instrumen asesmen ini mengukur produksi representasi (struktur senyawa), evaluasi representasi terhadap data reaksi, interpretasi logis dari informasi representasional, dan transfer dan sintesis antar jenis representasi

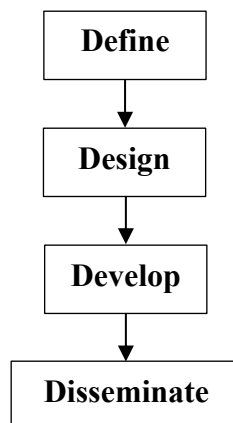
Tabel 1. Lanjutan

No.	Penulis	Judul	Hasil
7.	Talanquer, V. (2011).	Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”.	a. Instrumen ini menyajikan model triplet (makro, submikro, simbolik) untuk menilai RC siswa, dengan penekanan pada kemampuan memilih dan mengintegrasikan representasi yang relevan dalam berbagai situasi kimia. b. Penelitian ini berbasis konseptual dan empiris kualitatif; tidak menyajikan statistik kuantitatif eksplisit seperti CFA, namun validitasnya diperkuat oleh analisis data empiris dan sintesis literatur. c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi diantaranya, interpretasi representasi, translasi antar representasi, produksi representasi, evaluasi representasi, pemilihan representasi yang tepat berdasarkan konteks (triplet level).
8.	Treagust & Chittleborough (2001).	Chemistry: A matter of understanding representations.	a. Mengembangkan instrumen konseptual dan pedagogis untuk mengukur RC dalam kimia, khususnya kemampuan siswa dalam memilih representasi yang tepat dan menggunakannya secara bermakna dalam konteks makroskopik dan submikroskopik. b. Instrumen asesmen ini terbukti valid dan reliabel didukung oleh kerangka teoretis kuat dan validasi ahli. Reliabilitas dinyatakan melalui konsistensi pengkodean dalam studi kualitatif. c. Instrumen asesmen ini mengukur dimensi, interpretasi representasi, translasi antar representasi, produksi representasi, evaluasi representasi, pemilihan representasi yang tepat berdasarkan konteks (triplet level).

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah model 4D (*Four-D*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Model 4D merupakan akronim dari lima langkah dalam proses pengembangan, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran). Adapun tahapan dari model 4D dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Model 4D (Thiagarajan, 1974).

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian dan pengembangan ini meliputi *define*, *design*, dan *develop*. Produk yang dihasilkan berupa instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

B. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian yang telah ditentukan, prosedur pelaksanaan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian dilaksanakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam proses pembelajaran, serta mengumpulkan berbagai informasi yang relevan dengan produk yang akan dikembangkan. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah, antara lain:

a. Analisis ujung depan (*Front-End Analysis*)

Analisis ujung depan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana guru memerlukan instrumen asesmen untuk menilai keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Hal ini bertujuan agar pengembangan instrumen asesmen yang dibuat benar-benar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan di lapangan. Tahap analisis ini dilakukan melalui studi pendahuluan dengan cara menyebarkan angket analisis kebutuhan kepada tiga guru kimia di SMA Negeri 15 Bandar Lampung.

Pada tahap ini, juga dilakukan identifikasi awal terhadap produk asesmen yang telah ada, baik secara offline maupun online. Analisis secara offline dilakukan dengan meninjau produk asesmen yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar pada topik ikatan kimia di SMA Negeri 15 Bandar Lampung. Sementara itu, analisis secara online dilakukan dengan mengevaluasi ketersediaan asesmen berbasis keterampilan dalam memilih representasi yang tepat melalui jurnal-jurnal internasional yang mengembangkan instrumen asesmen yang relevan.

b. Analisis Peserta Didik (*Learner Analysis*)

Analisis terhadap peserta didik dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keterampilan individu yang telah dimiliki siswa dan yang dapat dikembangkan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Selain itu, analisis ini juga bertujuan untuk memahami kebutuhan peserta didik terkait pengembangan instrumen asesmen yang dapat mengukur

keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia, serta karakteristik peserta didik dalam proses pembelajaran. Proses analisis peserta didik dilakukan melalui studi pendahuluan dengan menyebarkan angket analisis kebutuhan kepada 35 siswa kelas XI di SMA Negeri 15 Bandar Lampung.

c. Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis tugas dilakukan untuk mengidentifikasi tugas-tugas yang telah dilakukan oleh peserta didik sebelumnya. Dalam analisis ini, dilakukan identifikasi terhadap tugas-tugas yang berkaitan dengan asesmen yang sedang dikembangkan. Dari analisis tersebut, diperoleh gambaran mengenai pengalaman peserta didik terkait tugas-tugas yang bermakna.

d. Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*)

Dalam proses pengembangan ini, tujuan pembelajaran ditentukan melalui analisis tugas yang bertujuan untuk mengidentifikasi kompetensi yang perlu dikuasai oleh siswa. Hasil dari analisis tersebut kemudian dirumuskan menjadi tujuan pembelajaran yang jelas dan dapat diukur. Tujuan-tujuan ini disusun berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) yang tercantum dalam Kurikulum Merdeka tahun 2024, sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Permendikbudristek) Nomor 12 tahun 2024 yang berlaku di SMA Negeri 15 Bandar Lampung.

2. Desain (*Design*)

Tahap perancangan produk dilakukan dengan menyusun format awal instrumen asesmen yang bertujuan untuk mengukur keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Desain produk ini mempertimbangkan kebutuhan guru dan siswa terkait instrumen asesmen yang berfokus pada keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Pada tahap ini dilakukan:

a. Penyusunan tes acuan patokan (*Constructing criterion-referenced test*)

Tes acuan patokan disusun berdasarkan spesifikasi tujuan pembelajaran dan analisis siswa, yang kemudian digunakan untuk menyusun kisi-kisi tes hasil belajar. Indikator dan kisi-kisi asesmen serta rubriknya disusun agar selaras dengan Kurikulum Merdeka tahun 2024 dan indikator keterampilan representasi memilih representasi yang tepat dan mengacu pada kompetensi

representasional. Selanjutnya, penyusunan kisi-kisi dan rubrik asesmen merujuk pada 3D-LAP.

b. Rancangan awal (*Initial design*)

Pada tahap rancangan awal ini, dibuatlah rancangan instrumen asesmen yang bertujuan untuk mengukur keterampilan siswa dalam memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Proses perancangan ini mempertimbangkan tiga aspek utama yang menjadi standar kualitas instrumen, yaitu validitas, reliabilitas, dan kepraktisan.

Komponen dari rancangan produk mencakup petunjuk penggunaan instrumen, kisi-kisi soal, rancangan butir-butir asesmen dalam bentuk pilihan jamak serta rubrik penskoran yang berfokus pada kemampuan siswa dalam memilih representasi yang tepat. Selain itu, juga disusun angket validasi ahli yang mencakup aspek kesesuaian isi dan konstruksi kemudian angket tanggapan guru yang mencakup aspek kesesuaian isi, konstruksi dan kepraktisan. Rancangan ini disiapkan sebagai dasar untuk pengembangan produk pada tahap selanjutnya.

3. Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan merupakan fase untuk menghasilkan produk instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Proses ini dilakukan melalui dua langkah, yaitu penilaian oleh ahli (*expert appraisal*) yang diikuti dengan revisi, serta uji coba pengembangan (*developmental testing*). Tujuan dari tahap pengembangan ini adalah untuk menghasilkan bentuk akhir produk pengembangan setelah melalui revisi berdasarkan masukan dari para dosen ahli (validator). Langkah-langkah yang diambil pada tahap ini adalah sebagai berikut.

a. Validasi ahli (*expert appraisal*)

Validasi ahli dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan penilaian dan masukan awal mengenai instrumen asesmen yang dikembangkan. Proses validasi ini melibatkan tiga dosen Pendidikan Kimia. Validasi dilakukan dengan cara menyerahkan produk pengembangan pertama dan angket validasi ahli yang mencakup aspek kesesuaian isi dan konstruksi.

b. Uji coba pengembangan (*developmental testing*)

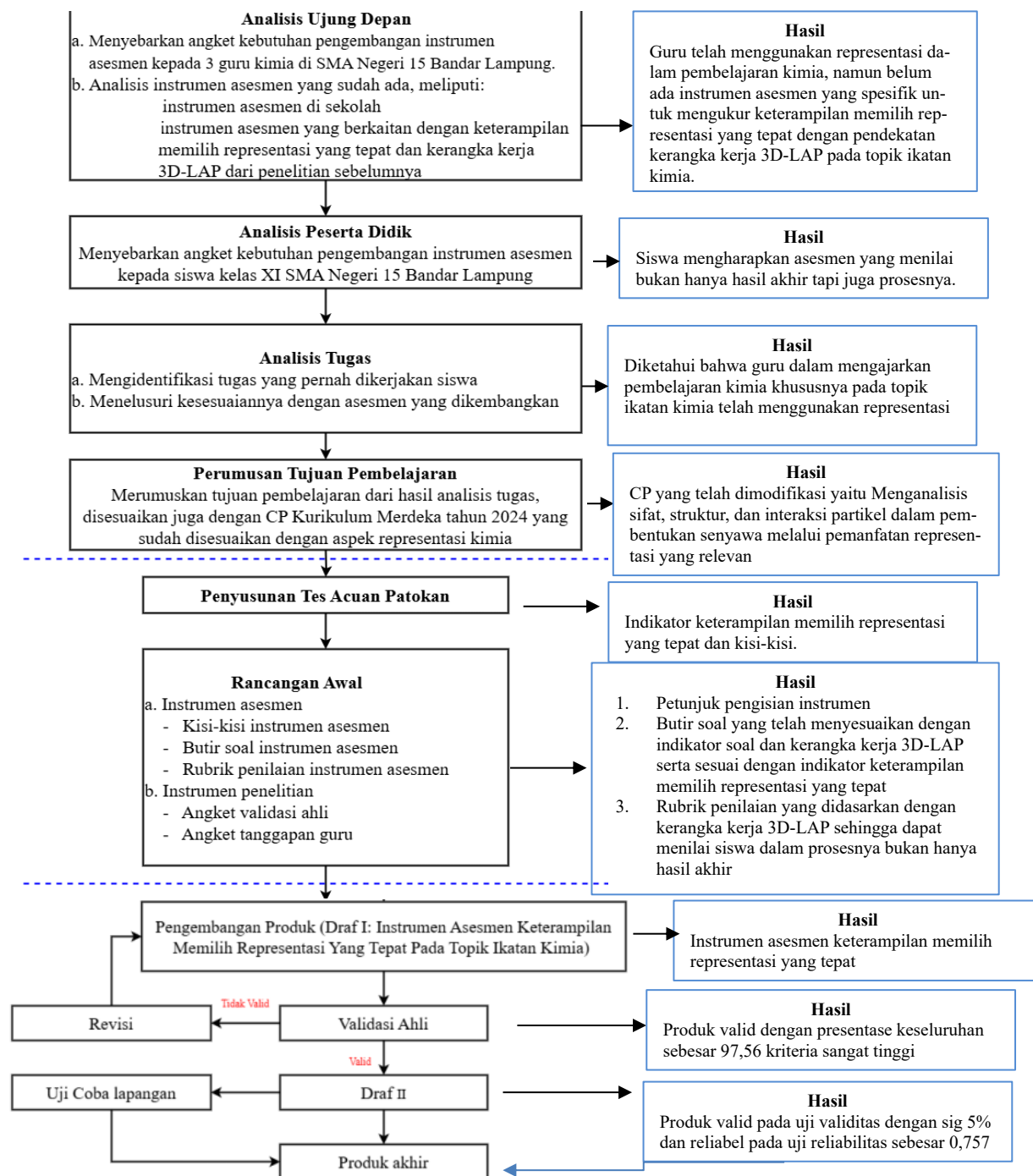
Setelah instrumen asesmen divalidasi oleh para validator dan direvisi, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba pengembangan. Uji coba ini dilakukan dengan menyebarkan instrumen asesmen kepada siswa dan meminta tanggapan dari guru. Tanggapan dari guru difokuskan pada penilaian mengenai kesesuaian isi, konstruksi dan kepraktisan penggunaan instrumen asesmen di lapangan.

C. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini diperoleh melalui beberapa tahap, yaitu tahap *define* dan *develop*. Pada tahap *define*, data diperoleh dari satu sekolah di kota Bandar Lampung, yaitu SMAN 15 Bandar Lampung yang melibatkan tiga guru mata pelajaran kimia dan 35 siswa kelas XI yang telah belajar materi ikatan kimia. Pada tahap *develop*, sumber data diperoleh dari tiga dosen Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung, tiga guru kimia di SMA Negeri 15 Bandar Lampung serta 35 siswa yang juga berasal dari SMA Negeri 15 Bandar Lampung.

D. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam pengembangan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Alur Penelitian Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memilih Representasi yang Tepat pada Topik Ikatan Kimia.

E. Instrumen Penelitian

Instrumen berfungsi sebagai alat untuk mengumpulkan data atau informasi (Arikunto, 2008). Dalam penelitian ini, instrumen digunakan untuk mengevaluasi instrumen penelitian yang dikembangkan, yaitu instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Instrumen yang digunakan terbagi menjadi 2, yaitu; instrumen pada tahap *define*, dan instrumen pada tahap *develop*. Berikut adalah penjelasan masing-masing instrumen tersebut:

1. Instrumen pada tahap *define*

Pada tahap *define*, instrumen yang digunakan meliputi angket analisis kebutuhan guru dan angket analisis kebutuhan siswa. Berikut penjelasan masing-masing:

a. Angket analisis kebutuhan pengembangan menurut respon guru

Angket ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan terhadap pengembangan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia. Penyebaran angket ini dilakukan pada tahap studi pendahuluan dengan cara membagikannya secara langsung kepada 3 guru di SMA Negeri 15 Bandar Lampung. Jenis angket yang digunakan adalah angket semi terbuka yang terdiri dari 12 butir pertanyaan dengan memberi tanda checklist, serta dilengkapi dengan kolom untuk memberikan komentar tambahan. Adapun format respon yang dapat dipilih berupa:

- 1) Sangat sering, cukup sering, jarang, tidak pernah.
- 2) Ya, sangat perlu, cukup perlu, tidak perlu.
- 3) Ya, sangat kesulitan, cukup kesulitan, tidak kesulitan.
- 4) Ada, tidak ada
- 5) Pernah, tidak pernah
- 6) Sudah, belum
- 7) Penting, tidak penting
- 8) Perlu, tidak perlu

b. Angket analisis kebutuhan pengembangan menurut respon siswa

Angket yang digunakan untuk menganalisis kebutuhan peserta didik bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan terkait pengembangan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

Penyebaran angket ini dilakukan pada tahap studi pendahuluan dengan cara membagikannya secara langsung kepada 35 siswa kelas XI di SMA Negeri 15 Bandar Lampung. Jenis angket yang digunakan adalah angket semi terbuka yang terdiri dari 12 butir pertanyaan dengan memberi tanda checklist, serta dilengkapi dengan kolom untuk memberikan komentar tambahan, dengan format jawaban berupa:

- 1) Pilihan jamak, essay, portofolio, isian singkat, lainnya
- 2) Ya, sesuai dan mudah dipelajari; ya, namun soal yang disajikan dikembangkan dari materi yang dipelajari; tidak, soal cenderung menyajikan hal baru; tidak, soal sangat tidak sesuai dengan materi yang disampaikan.
- 3) Ya, tidak
- 4) Perlu, tidak perlu
- 5) Bersifat obyektif, terkait dengan kehidupan sehari-hari, dapat menilai proses bukan hanya hasil akhir, dapat membuka wawasan siswa.

2. Instrumen pada tahap *develop*

Instrumen yang digunakan untuk memperoleh data validasi ahli, tanggapan guru, dan peserta didik pada penelitian ini adalah instrumen tes dan instrumen non tes berupa angket semi terbuka dengan format respon berdasarkan skala Likert menurut Sugiyono (2015). Adapun format respon yaitu: sangat setuju (skor 5), setuju (skor 4), kurang setuju (skor 3), tidak setuju (2), dan sangat tidak setuju (skor 1). Pengisian angket dilakukan dengan memberi tanda ceklis disertai kolom untuk memberikan komentar tambahan. Adapun instrumen yang digunakan pada tahap *develop* yaitu:

a. Instrumen validasi kesesuaian isi

Instrumen validitas kesesuaian isi disusun untuk mengetahui kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memilih representasi dengan kurikulum (4

item pernyataan), kompetensi representasional (6 item pernyataan), dan 3D-LAP (4 item pernyataan). Hasil dari validasi kesesuaian isi ini dijadikan sebagai masukan dalam pengembangan atau revisi pengembangan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

b. Instrumen validasi konstruksi

Instrumen validasi konstruksi disusun untuk mengetahui apakah konstruk asesmen keterampilan telah sesuai dengan kata kerja operasional, berfungsi tidaknya gambar, tabel, grafik dalam soal, dan kesesuaian rumusan pertanyaan dan jawaban dalam soal. Angket validasi aspek konstruksi terdiri dari 6 item pernyataan. Hasil dari validasi konstruk asesmen ini dijadikan sebagai masukan dalam pengembangan atau tepatnya revisi pada instrumen asesmen keterampilan siswa memilih representasi yang tepat untuk menyelesaikan masalah pada topik ikatan kimia.

c. Angket tanggapan guru

Instrumen ini berupa angket yang berisi aspek kesesuaian isi, konstruksi dan kepraktisan. Pada aspek kesesuaian isi, guru menilai kesesuaian instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat dengan kurikulum (4 item pernyataan), kompetensi representasional (6 item pernyataan), dan 3D-LAP (4 item pernyataan). Pada aspek konstruksi, guru menilai instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat telah sesuai antara indikator dengan soal yang telah dibuat, rubrik soal dan pedoman penskoran. Angket validasi aspek konstruksi terdiri dari 6 item pertanyaan. Dan pada aspek kepraktisan, guru menilai kepraktisan instrumen asesmen berdasarkan persepsi guru dalam hal kemudahan, kejelasan, waktu pelaksanaan, dan kebermanfaatan penggunaan di kelas, angket aspek kepraktisan terdiri dari 9 item pernyataan. Hasil dari aspek kesesuaian isi, konstruksi, dan kepraktisan ini dijadikan sebagai masukan dalam pengembangan atau revisi pengembangan instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

F. Teknik Analisis Data

1. Mengolah data angket analisis kebutuhan

Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam teknik analisis data hasil angket kebutuhan:

- Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan dalam angket.
- Menghitung presentase jawaban responden dengan rumus. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\% J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100 \% \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

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

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

N = Jumlah seluruh responden

2. Mengolah data validasi dan tanggapan guru

Angket yang akan diolah pada penelitian ini adalah angket hasil validasi ahli, dan tanggapan guru terhadap instrumen asesmen keterampilan dalam memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia yang dikembangkan. Hasil validasi ahli, dan tanggapan guru dilakukan dengan cara:

- Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan dalam angket.
- Memberikan skor pada jawaban responden, di mana penskoran dilakukan berdasarkan Skala *Likert* yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Penskoran pada angket untuk pertanyaan positif

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

(Sugiyono, 2008).

- c. Mengolah jumlah skor jawaban responden. Pengolahan jumlah skor ($\sum S$) jawaban angket adalah sebagai berikut.

- 1) Skor untuk pertanyaan Sangat Setuju (SS)

$$\text{Skor} = 5 \times \text{jumlah responden yang menjawab SS}$$

- 2) Skor untuk pertanyaan Setuju (ST)

$$\text{Skor} = 4 \times \text{jumlah responden yang menjawab ST}$$

- 3) Skor untuk pertanyaan Kurang Setuju (KS)

$$\text{Skor} = 3 \times \text{jumlah responden yang menjawab KS}$$

- 4) Skor untuk pertanyaan Tidak Setuju (TS)

$$\text{Skor} = 2 \times \text{jumlah responden yang menjawab TS}$$

- 5) Skor untuk pertanyaan Sangat Tidak Setuju (STS)

$$\text{Skor} = 1 \times \text{jumlah responden yang menjawab STS}$$

- d. 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_{12345} = Jumlah skor untuk jawaban-i

- e. Menghitung persentase jawaban responden dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% X_{in} = \frac{\sum S}{S_{maks}} \times 100 \% \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan : $\% X_{in}$ = Persentase jawaban pertanyaan ke-I pada angket

$\sum S$ = Jumlah skor jawaban

S_{maks} = Jumlah maksimum

- f. Menghitung rata-rata persentase angket untuk menilai tingkat kesesuaian isi, konstruksi, dan kepraktisan pada instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia yang telah dikembangkan, dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% X_i = \frac{\sum \% X_{in}}{n} \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan : $\% X_i$ = Rata-rata persentase angket-i

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

n = Jumlah butir soal

- g. Menafsirkan persentase jawaban angket dengan merujuk pada tafsiran yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Tafsiran persentase angket

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

(Arikunto, 2008).

- h. Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli-dengan merujuk pada tafsiran yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 4 Tafsiran persentase angket

Persentase	Tingkat Kevalidan	Keterangan
76 % - 100 %	Valid	Layak
51 % - 75 %	Cukup valid	Cukup layak
26 % - 50 %	Kurang valid	Kurang layak
< 26 %	Tidak valid	Tidak layak

(Arikunto, 2008).

3. Analisis butir soal

a. Uji Validitas

Validitas butir soal dapat ditentukan dengan mencari korelasi produk moment dengan bantuan program IBM SPSS Statistic Ver 27.0. Kriteria pengujian apabila $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan taraf signifikan yang digunakan sebesar 5% maka alat ukur tersebut dinyatakan valid, dan sebaliknya apabila $r_{hitung} < r_{tabel}$, maka alat ukur tersebut tidak valid.

b. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas yang digunakan yaitu hasil uji instrumen penelitian menggunakan bantuan SPSS dengan rumus *Cronbach's Alpha*. Adapun kriteria nilai Cronbach's Alpha (α) yang dapat direpresentasikan dengan derajat realibilitas berikut:

Tabel 5. Kriteria derajat reliabilitas

Derajat Reliabilitas	Kriteria
$\alpha \geq 0,70$	Reliabel
$\alpha < 0,70$	Tidak reliabel

(Taber, 2017).

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik instrumen asesmen keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia disusun berdasarkan pendekatan 3D-LAP (Three-Dimensional Learning Assessment Protocol) dengan mengintegrasikan tiga dimensi pembelajaran (*scientific practices*, *crosscutting concepts*, dan *core ideas*) butir soal dirancang untuk menuntut siswa memilih representasi yang tepat secara bermakna sesuai konteks.
2. Tanggapan guru meliputi aspek kesesuaian isi, konstruksi, dan kepraktisan yang memiliki kriteria sangat tinggi dan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah.
3. Instrumen dinyatakan valid karena seluruh butir soal memiliki nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, dan reliabel dengan koefisien reliabilitas lebih dari 0,70, sehingga layak digunakan untuk mengukur keterampilan memilih representasi yang tepat pada topik ikatan kimia.

B. Saran

Saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan agar guru menggunakan instrumen ini dalam proses pembelajaran, khususnya pada materi ikatan kimia. Hal ini dapat membantu

mengevaluasi kemampuan siswa dalam memilih representasi yang sesuai dengan konsep yang dipelajari.

2. Siswa diharapkan menggunakan instrumen ini sebagai sarana latihan untuk meningkatkan kemampuan memahami konsep melalui berbagai bentuk representasi, seperti simbol, gambar, dan penjelasan tertulis.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melibatkan lebih banyak subjek dan memperluas cakupan materi kimia, sehingga instrumen yang dikembangkan memiliki daya jangkauan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Arikunto, S. (2008). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Bodner, G. M. (1991). I have found you an argument: The conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students. *Journal of Chemical Education*, 68(5), 385.
- Bodner, G. M., & Domin, D. S. (2000). Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry. *University Chemistry Education*, 4(1).
- Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., Woodward, P., & Stoltzfus, M. W. (2020). *Chemistry: The central science* (14th ed.). Pearson Education.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.
- Chi, M. T., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4(1), 27-43.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry education research and practice*, 8(3), 274-292.
- Cooper, M. M., Ralph, V. R., & Becker, N. M. (2021). You are what you assess: The case for emphasizing chemistry on chemistry assessments. *Journal of Chemical Education*, 98(11), 3548–3557.

- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry education research - From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 1–3.
- Corradi, D., Elen, J., & Clarebout, G. (2012). Understanding and enhancing the use of multiple external representations in chemistry education. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 780–795.
- DeBarger, A. H., Penuel, W. R., Harris, C. J., & Haydel DeBarger, C. L. (2017). Building an assessment system to support NGSS 3D learning: Challenges and solutions. *The Science Teacher*, 84(4), 34–40.
- Denton, C. A., Hall, C., Cho, E., & Cannon, G. (2022). A meta-analysis of the effects of foundational skills and multicomponent reading interventions. *Learning and Individual Differences*.
- Disessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and instruction*, 22(3), 293–331.
- Fleur, D. S., Bredeweg, B., & van den Bos, W. (2021). Metacognition: ideas and insights from neuro-and educational sciences. *npj Science of Learning*, 6(1), 13.
- Fretz, E. B., Zaidi, S. Z., Arnold, S., Lehman, E. M., & Kahle, M. (2020). Beyond the design of assessment tasks: Expanding the assessment toolkit to support teachers' formative assessment practices in elementary science classrooms. In M. Gresalfi & I. S. Horn (Eds.), *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2020)* (Vol. 3, pp. 1439–1446).
- Gabel, D. L. (Ed.). (1999). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York, NY: Macmillan Publishing.
- Gilbert, J. K. (2009). *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4, pp. 1–8). D. F. Treagust (Ed.). Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In *Visualization in science education* (pp. 9–27). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Eilam, B., & Gilbert, J. K. (Eds.). (2014). *Science teachers' use of visual representations* (Vol. 8, pp. 53–83). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of chemical education*, 70(9), 701.
- Keestra, M. (2017). Metacognition and reflection by interdisciplinary experts: Insights from cognitive science and philosophy.

- Klein, P., Müller, A., & Kuhn, J. (2017). Assessment of representational competence in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010132.
- Kloser, M., Wilsey, M., & Twohy, K. E. (2018). “We do STEM”: Unsettled conceptions of STEM education in middle school STEM classrooms. *School Science and Mathematics*, 118(8), 361–370.
- Kozma, R. B. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Kozma, R. (2000). *Students collaborating with computer models and physical experiments*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kozma, R. B. (2000). *The Use of Multiple Representations and the Social Construction of Understanding in Chemistry*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. *Visualization in science education*, 1, 121–146.
- Krajcik, J. S., & Merritt, J. (2014). Engaging students in scientific practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *The Science Teacher*, 81(3), 38–41.
- Laverty, J. T., & Caballero, M. D. (2018). Analysis of the most common concept inventories in physics: What are we assessing?. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010123.
- Laverty, J. T., Underwood, S. M., Matz, R. L., Posey, L. A., Carmel, J. H., Caballero, M. D., Fata-Hartley, C. L., Ebert-May, D., Jardeleza, S. E., & Cooper, M. M. (2016). Characterizing college science assessments: The three-dimensional learning assessment protocol. *PloS one*, 11(9), e0162333.
- Moon, A., Stanford, C., Cole, R., & Towns, M. (2016). The nature of students’ chemical reasoning employed in scientific argumentation in physical chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 353–364.
- Moon, J., Reiser, B. J., & Zivic, A. (2019). Beyond short-term wins: Building sustainable reform efforts through three-dimensional science learning. *Science Education*, 103(4), 1051–1075.
- Nursa’adah, E., & Liliyasi. (2020). Designing learning sequence metallic bonding concept through model of educational reconstruction framework. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 5(1), 52–65.
- Pratiwi, N. L. Y., & Suja, I. W. (2018). Model mental siswa kelas X SMA Laboratorium Undiksha Singaraja tentang ikatan ion dan ikatan kovalen. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 6(2), 1–12.

- Popova, M., & Jones, T. (2021). Chemistry instructors' intentions toward developing and assessing representational competence. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 304–314.
- Quinn, H., Lee, O., & Valdés, G. (2019). Language demands and opportunities in relation to Next Generation Science Standards for English language learners: What teachers need to know. *Review of Research in Education*, 43(1), 423–452.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29, 717–761.
- Rau, M. A. (2018). Supporting representational competences through adaptive educational technologies. In *A Framework for Representational Competence in Science Education* (pp. 105–126). Springer.
- Rokhim, D. A., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2023). Analisis miskonsepsi kimia dan instrumen diagnosis nya: Literatur review. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 17(1), 3041–3051.
- Shen, J., Sung, S., & Zhang, D. (2015). Toward an analytic framework of interdisciplinary reasoning and communication (IRC) processes in science. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2809–2835.
- Stowe, R. L., & Cooper, M. M. (2017). Practicing What We Preach: Assessing “Critical Thinking” in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 94(12), 1852–1859.
- Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2008). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suja, I. W. (2015). Model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian stereokimia. *Jurnal Pendidikan Indonesia (JPI)*, 4(2), 163–172.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Tan, K. C. D., & Treagust, D. F. (1999). Evaluating students’ understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75–84.
- Taber, K. (2002). *Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure* (Vol. 1). Royal Society of Chemistry.

- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296.
- Thiagarajan, S. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook.
- Treagust, D. F., & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In *Subject-specific instructional methods and activities* (pp. 239-267). Emerald Group Publishing Limited.
- Ward, L., Rotich, F., Raker, J. R., Komperda, R., Nedungadi, S., & Popova, M. (2025). Design, development, and evaluation of the organic chemistry representational competence assessment (ORCA). *Chemistry Education Research and Practice*, 26(1), 244-258.
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.