

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN KETERAMPILAN
MEMAHAMI POTENSI DAN KETERBATASAN
REPRESENTASI PADA TOPIK
IKATAN KIMIA**

(Skripsi)

Oleh

**SISKA HUSNUN AFIFAH
NPM 2113023023**



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

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN KETERAMPILAN
MEMAHAMI POTENSI DAN KETERBATASAN
REPRESENTASI PADA TOPIK
IKATAN KIMIA**

Oleh

SISKA HUSNUN AFIFAH

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 MEMAHAMI POTENSI DAN KETERBATASAN REPRESENTASI PADA TOPIK IKATAN KIMIA

Oleh

Siska Husnun Afifah

Representasi memiliki peran penting dalam pembelajaran kimia karena sifat konsep-konsep kimia yang abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Salah satu keterampilan penting yang perlu dikembangkan adalah kemampuan memahami potensi dan keterbatasan representasi, yaitu sejauh mana suatu representasi dapat menjelaskan fenomena kimia dan batas informasi yang disampaikan. Disisi lain, belum tersedia instrumen asesmen yang secara khusus mengukur keterampilan ini. Berangkat dari hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen asesmen yang berfokus pada keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia. Metode pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang, meliputi tahap *define*, *design*, dan *develop*. Produk yang dikembangkan berupa 16 butir soal pilihan jamak dua tingkat (*two-tier*), di mana tier pertama menilai kemampuan siswa dalam memahami potensi dan keterbatasan representasi yang, dan tier kedua menilai alasan ilmiah yang mendasari pilihan tersebut. Instrumen divalidasi oleh tiga orang ahli dan diuji coba secara terbatas untuk memperoleh tanggapan dari guru. Instrumen asesmen yang dikembangkan terbukti valid dan reliabel dari uji analisis butir soal, uji validasi ahli, serta uji coba lapangan yang dilakukan. Disisi lain, perlu diingat bahwa tahap diseminasi belum dilakukan pada penelitian ini, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji aspek keterpakaian dan efektivitas instrumen secara lebih luas.

Kata kunci: 3D-LAP, asesmen two-tier, ikatan kimia, potensi dan keterbatasan representasi, model pengembangan 4D, representasi kimia

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SKILL ASSESSMENT INSTRUMENT TO UNDERSTAND THE POTENTIAL AND LIMITATIONS OF REPRESENTATION ON THE TOPIC OF CHEMICAL BONDS

By

Siska Husnun Afifah

Representation plays a crucial role in chemistry learning due to the abstract nature of chemical concepts and their inability to be directly observed. One crucial skill that needs to be developed is the ability to understand the potential and limitations of representations, namely the extent to which a representation can explain chemical phenomena and the limits of the information conveyed. However, there are currently no assessment instruments specifically measuring this skill. Therefore, this study aims to develop an assessment instrument that focuses on understanding the potential and limitations of representations on the topic of chemical bonding. The development method used is the 4D model, which includes the stages of define, design, and develop. The product developed consists of 16 two-tier multiple choice questions, where the first tier assesses students' ability to understand the potential and limitations of representations, and the second tier assesses the scientific reasoning behind these choices. The instrument was validated by three experts and pilot-tested to obtain feedback from teachers. The developed assessment instrument proved valid and reliable through item analysis, expert validation, and field trials. On the other hand, it should be noted that the dissemination stage has not been carried out in this study, so further research is needed to test the usability and effectiveness aspects of the instrument more broadly.

Keywords: 3D-LAP, two-tier assessment, chemical bonds, potential and limitations of representation, 4D development model, chemical representation

Judul Skripsi

**: PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASESMEN
KETERAMPILAN MEMAHAMI POTENSI
DAN KETERBATASAN REPRESENTASI
PADA TOPIK IKATAN KIMIA**

Nama Mahasiswa

: Siska Husnun Afifah

No. Pokok Mahasiswa

: 2113023023

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Jurusan

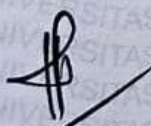
: Pendidikan MIPA

Fakultas

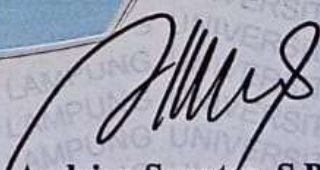
: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

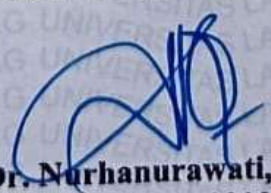

Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.

NIP 19860728 200812 2 001


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

NIP 19901206 201912 1 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

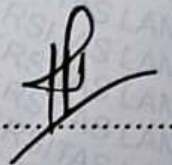

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

NIP 19670808 199103 2 001

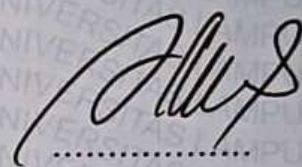
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

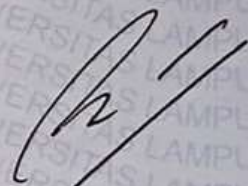
Ketua : **Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.**



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 : **21 Juni 2025**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siska Husnun Afifah

No. Pokok Mahasiswa : 2113023023

Program studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi.

Sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan di dalam Daftar Pustaka.

Apabila ternyata kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 21 Juni 2025
Yang Menyatakan



Siska Husnun Afifah
NPM 2113023023

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Podomoro, Pringsewu, pada 5 Juli 2003 sebagai anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Kasimun dan Ibu Siswati. Pendidikan Sekolah Dasar ditempuh di SD Negeri 3 Waringin Sari Timur, diselesaikan pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama ditempuh di MTs Ibnu Zein Purwodadi, lulus pada tahun 2018 Sekolah Menengah Atas ditempuh di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjabat sebagai sekretaris bidang Pendidikan Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (FOSMAKI) kabinet Spektrum Perjuangan pada tahun 2022 bulan Januari hingga Desember 2022. penulis melaksanakan Program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SMA Negeri 1 Sidomulyo dan Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Seloretro, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan.

PERSEMBAHAN

**Ayah dan Ibu tercinta
(Kasimun dan Siswati)**

segala doa, perjuangan, peluh, dan kasih sayang kalian mengalir tanpa henti sebagai kekuatan terbesarku. Terima kasih karena tak pernah lelah mempercayai dan mendoakanku, bahkan dalam diam. Langkah ini bukan hanya milikku, tapi jejak dari setiap pengorbanan kalian yang tak tergantikan. Kalian adalah alasan utama aku sampai pada titik ini.

Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Kimia Universitas Lampung,
yang telah menjadi cahaya penuntun dalam dunia keilmuan. Terima kasih atas bimbingan, ilmu, dan keteladanan yang telah membentuk cara berpikir, bersikap, dan berkarya. Kalian bukan hanya pengajar, tetapi juga pembimbing kehidupan. Setiap pelajaran yang diberikan menjadi fondasi kuat dalam proses akademik maupun pribadi.

Sahabat dan teman seperjuangan di Pendidikan Kimia,
yang telah kebersamai dalam setiap suka dan duka, lelah dan tawa, gagal dan bangkit. Terima kasih atas semangat yang saling ditularkan, atas bahu yang bersedia menopang, dan atas doa-doa yang saling dipanjatkan. Kalian adalah bagian penting dari cerita perjuangan ini, dan kebersamaan kita adalah anugerah yang tak akan pernah terlupa.

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung,

MOTTO

"Langit tak selalu cerah, tapi hujan pun menumbuhkan bunga."
(Victor Hugo)

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya."
(Nabi Muhammad SAW, HR. Ahmad)

"Kegelapan tak bisa mengusir kegelapan, hanya cahaya yang bisa melakukannya."
(Martin Luther King Jr)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi yang berjudul *"Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memahami Potensi dan Keterbatasan Representasi pada Topik Ikatan Kimia"*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

Tersusunnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Yth. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
2. Yth. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (PMIPA).
3. Yth. Ibu Lisa Tania, S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing I sekaligus pembimbing akademik, yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dan perhatian membimbing penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih atas setiap waktu, masukan, dan ilmu yang telah Ibu berikan.
4. Yth. Bapak Andrian Saputra, S.Pd., M.Sc selaku pembimbing II, yang telah dengan tulus dan sabar memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis dalam menyusun dan merevisi karya ini.
5. Yth. Dosen pembahas Ibu Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si. yang telah memberikan masukan, kritik, dan pertanyaan yang membangun saat seminar hasil dan ujian skripsi, sehingga penulis dapat menyempurnakan karya ini dengan lebih baik.

6. Yth. Dr. Annisa Meristin, M.Pd., Mohammad Ahdiat, S.Pd., M.Pkim., Ni Putu Rahma Agustina, S.Si., M.Si.P. selaku validator instrumen, yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam proses pengembangan dan penyempurnaan instrumen asesmen yang dikembangkan dalam penelitian ini.
7. Yth. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Kimia Universitas Lampung, yang selama ini telah mendidik, membimbing, dan memberikan ilmu yang sangat berharga selama masa perkuliahan. Terima kasih atas keteladanan dan ilmu yang tak ternilai.
8. Ayah dan Ibu tercinta, Siswati dan Kasimun, terima kasih atas cinta, doa, perjuangan, dan segala bentuk pengorbanan yang tak terbalas. Setiap langkah penulis dalam menempuh pendidikan ini adalah wujud dari impian dan harapan yang telah kalian tanamkan sejak awal.
9. Motivatorku, mbak Asya Dwina Lutfia. Terima kasih atas semangat, dukungan, dan inspirasi yang telah menjadi bagian dari proses ini.
10. Teman-temaku, Andhea, Indri, Meliza dan Ambar atas dukungan dan bantuan selama perkuliahan.
11. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Kimia angkatan 2021, terima kasih atas kebersamaan, kerja sama, dukungan, dan kenangan yang telah mewarnai perjalanan selama masa kuliah. Semoga kita semua meraih kesuksesan dalam jalan masing-masing.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap segala bentuk saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

Bandar Lampung, 21 Juni 2025

Penulis

Siska Husnun Afifah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Kompetensi Representasional	7
B. Keterampilan Memahami Potensi dan Keterbatasan Representasi Kimia	8
C. Instrumen Asesmen Kompetensi Representasional	10
D. Penelitian Yang Relevan	11
V. METODE PENELITIAN	15
A. Desain Penelitian	18
B. Sumber Data Penelitian	16
C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	16
D. Alur Penelitian.....	19
E. Instrumen Penelitian.....	21
F. Teknik Analisis Data	24
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	18
A. Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	18
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	62
1. Rekapitulasi Angket Analisis Kebutuhan Guru	62
2. Rekapitulasi Angket Analisis Kebutuhan Siswa.....	66

3. Kisi-Kisi Instrumen Asesmen	70
4. Petunjuk Penggunaan Instrumen Asesmen	74
5. Instrumen Asesmen Keterampilan Memahami Potensi dan Keterbatasan Representasi	75
6. Rubrik Penskoran	83
7. Rekapitulasi Angket Validasi Ahli.....	92
8. Rekapitulasi Angket Respon Guru.....	99
9. Rekapitulasi Skor Hasil Uji Coba Instrumen	108
10. Hasil Analisis Validitas Butir Soal	110
11. Hasil Analisis Reliabilitas Butir Soal.....	111
12. Surat Izin Penelitian	112
13. Surat Pernyataan Telah Melakukan Penelitian	113
14. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	114

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian yang relevan	12
2. Penskoran pada angket untuk pertanyaan positif	25
3. Tafsiran persentase angket	26
4. Tafsiran kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli, tanggapan guru, dan tanggapan siswa	26
5. Kriteria derajat reliabilitas.....	27
6. Presentase hasil validasi ahli.....	39
7. Hasil uji validitas butir soal	48
8. Presentase hasil respon tanggapan guru	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Desain penelitian 4D	18
2. Alur dalam pengembangan instrumen asesmen keterampilan	20
3. Tanggapan peserta didik mengenai evaluasi soal HOTS	30
4. Tanggapan peserta didik mengenai kemampuan peserta didik dalam	31
5. Tanggapan peserta didik mengenai kriteria instrumen asesmen yang	32
6. Tanggapan peserta didik mengenai instrumen asesmen yang.....	32
7. Tanggapan peserta didik kesesuaian soal dengan materi yang	33
8. Tanggapan peserta didik mengenai efektivitas representasi kimia	34
9. Pemetaan kisi-kisi instrumen asesmen.....	35
10. Hasil validasi kesesuaian isi aspek kesesuaian dengan kurikulum	40
11. Hasil validasi kesesuaian isi dengan indikator kompetensi	41
12. Representasi sebelum direvisi	42
13. Representasi setelah direvisi	42
14. Representasi sebelum revisi	43
15. Representasi setelah revisi	43
16. Representasi sebelum revisi	43
17. Representasi setelah revisi	44
18. Representasi sebelum revisi	44
19. Representasi setelah revisi	44
20. Representasi sebelum revisi	45
21. Representasi setelah revisi	45
22. Hasil validasi kesesuaian isi dengan 3D-LAP	46
23. Hasil validasi aspek konstruksi	47
24. Hasil respon kesesuaian isi dengan kurikulum merdeka.....	50

25. Hasil respon guru kesesuaian isi dengan indikator kompetensi.....	51
26. Hasil respon guru kesesuaian isi dengan 3D-LAP	52
27. Hasil respon guru aspek konstruksi.....	53
28. Hasil respon guru aspek kepraktisan.....	54

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keberhasilan pembelajaran kimia secara fundamental bergantung pada penguasaan kompetensi representasional siswa, salah satunya dalam aspek kemampuan memahami potensi dan keterbatasan berbagai bentuk representasi (Kozma & Russell, 2005). Hal ini disebabkan oleh karakteristik konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak, seperti fenomena ikatan kimia, struktur molekular, dan dinamika energi pada level partikel yang menuntut pendekatan pembelajaran yang mampu menjembatani pemahaman lintas level representasi (Johnstone, 2000). Integrasi antara tiga level representasi kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik) menjadi prasyarat kunci bagi siswa untuk membangun pemahaman konseptual yang komprehensif (Talanquer, 2013).

Pencapaian pemahaman mendalam terhadap konsep kimia memerlukan keseimbangan dalam pengembangan representasi eksternal (visual, grafis, model) dan representasi internal (struktur pengetahuan konseptual). Kompetensi representasional didefinisikan sebagai seperangkat keterampilan yang memungkinkan penggunaan reflektif berbagai representasi untuk berpikir, berkomunikasi, dan bertindak terhadap fenomena kimia (Kozma & Russel, 2005). Kerangka kerja kompetensi representasional mencakup dua kategori utama: keterampilan *foundational* (interpretasi dan translasi representasi) dan *meta-representational competence skills*, di mana kemampuan memahami potensi dan keterbatasan representasi merupakan komponen kritis dalam kategori *meta-skills* (Popova & Jones, 2021). Signifikansi kemampuan ini terletak pada fungsinya sebagai fondasi bagi siswa untuk melakukan evaluasi kritis terhadap representasi kimia, menyeleksi representasi yang tepat

sesuai konteks, dan mengintegrasikan berbagai tingkatan representasi tanpa kehilangan esensi konseptual (Chittleborough & Treagust, 2007).

Disisi lain, realitas empiris menunjukkan bahwa siswa menghadapi tantangan signifikan dalam memahami konsep ikatan kimia, sebagaimana ditunjukkan oleh tingkat miskonsepsi siswa yang mencapai 61,5% pada siswa tingkat menengah atas. Miskonsepsi tentang representasi ikatan kimia ini teridentifikasi dalam empat aspek utama: tren periodik, interaksi elektrostatik, aturan oktet, dan fitur permukaan (Warsito dkk., 2020). Sebuah studi menemukan bahwa Kesulitan utama siswa adalah memahami representasi proses pembentukan ikatan kimia dan hubungan antara representasi simbolik dengan struktur molekul. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa miskonsepsi dalam pembelajaran kimia berakar pada ketidakmampuan siswa dalam mengembangkan pemahaman yang memadai tentang potensi dan keterbatasan representasi submikroskopik dan simbolik (Rahayu & Sofia, 2021).

Permasalahan miskonsepsi tersebut diperburuk oleh keterbatasan praktik penerapan asesmen pembelajaran kimia saat ini, di mana fokus utama instrumen asesmen yang digunakan oleh pendidik masih tertuju pada pengukuran pengetahuan dasar dibandingkan keterampilan proses, termasuk keterampilan representasional tingkat tinggi. Instrumen asesmen ini umumnya tidak dirancang untuk mengukur kemampuan memahami potensi dan keterbatasan representasi, sehingga tidak memberikan umpan balik yang konstruktif untuk pengembangan keterampilan representasional siswa. Kondisi ini tercermin dari mayoritas pendidik kimia di Indonesia yang masih mengandalkan instrumen asesmen konvensional yang tidak mengukur kemampuan representasional siswa secara komprehensif (Popova & Jones, 2021). Kompetensi pedagogik pendidik dalam melaksanakan evaluasi pembelajaran masih memerlukan peningkatan, khususnya dalam mengembangkan instrumen asesmen yang dapat mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik (Sari & Setiawan, 2020).

Upaya pengembangan instrumen untuk mengukur keterampilan representasional siswa telah dilakukan melalui beberapa penelitian, antara lain instrumen *Organic*

Chemistry Reasoning Assessment (ORCA) yang dikembangkan untuk menilai kompetensi representasional mahasiswa kimia organik dalam menggunakan enam jenis representasi molekul dengan validasi terhadap lebih dari 3.000 mahasiswa menunjukkan reliabilitas dan validitas yang memadai (Ward dkk., 2020). Instrumen *Chemical Symbol Representation Abilities* (CSRA) dikembangkan dengan fokus pada kemampuan fundamental dalam memahami representasi simbolik kimia (Wang dkk., 2017). Sementara itu, instrumen keterampilan representasional yang telah dikembangkan hingga saat ini masih memiliki keterbatasan dalam mengukur keterampilan representasional tingkat lanjut. Padahal, keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi merupakan komponen esensial dalam kompetensi meta representasional yang diperlukan untuk membangun pemahaman konseptual kimia secara mendalam (Townsend dkk., 2012).

Kesenjangan antara kebutuhan akan instrumen yang spesifik dengan instrumen yang tersedia diperkuat oleh hasil studi pendahuluan di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu yang menunjukkan bahwa sebagian besar guru belum secara konsisten menggunakan berbagai jenis representasi (makroskopik, submikroskopik, dan simbolik) dalam pembelajaran kimia, di mana hanya 25,8% siswa yang menyatakan gurunya sering menggunakan ketiganya. Meskipun hampir separuh siswa (48,3%) menyebutkan pernah diperkenalkan pada representasi dalam pembelajaran, hanya 25,8% siswa yang merasa representasi tersebut membantu mereka dalam menyelesaikan soal-soal kimia. Lebih lanjut, sebanyak 100% siswa menyatakan mengalami kesulitan dalam memahami potensi dan keterbatasan representasi, serta menyatakan perlunya latihan khusus untuk melatih keterampilan tersebut. Namun demikian, sejauh ini belum ada upaya sistematis yang dilakukan guru untuk mengukur keterampilan tersebut secara khusus melalui pengembangan instrumen asesmen. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa pengembangan instrumen asesmen yang dapat menilai keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi sangat diperlukan, terlebih untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih bermakna dan berbasis representasi.

Merespons permasalahan tersebut, kerangka kerja *Three-Dimensional Learning Assessment Protocol* (3D-LAP) yang mengintegrasikan praktik ilmiah dan reka-

yasa, konsep lintas-sektoral, dan ide inti disiplin ilmu berdasarkan *Next Generation Science Standards* (NGSS) menawarkan solusi strategis. 3D-LAP menyediakan panduan sistematis untuk merancang item asesmen yang tidak hanya menilai pengetahuan faktual, tetapi juga mendorong siswa untuk mengintegrasikan ketiga dimensi pembelajaran secara bersamaan (Lavery dkk., 2016). Keunggulan utama 3D-LAP terletak pada kapasitasnya mengatasi keterbatasan instrumen asesmen konvensional dengan memungkinkan pengembangan instrumen asesmen yang secara simultan menilai kemampuan siswa dalam menggunakan praktik ilmiah (seperti menganalisis dan mengevaluasi representasi), memahami konsep lintas bidang (seperti pola dan hubungan antar representasi), dan menguasai ide inti disiplin ilmu seperti struktur dan sifat materi dalam kimia (Pellegrino dkk., 2014). Kerangka kerja ini secara khusus efektif untuk mengukur kemampuan memahami potensi dan keterbatasan representasi karena menuntut siswa untuk memilih, mengkonstruksi, dan mengkritisi representasi serta menunjukkan bagaimana representasi tersebut terhubung dengan ide dan penalaran ilmiah (Stowe dkk., 2017).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, peneliti menyadari pentingnya mengembangkan instrumen asesmen yang tepat untuk mendukung pembelajaran kimia agar mampu berjalan dengan baik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Memahami Potensi dan Keterbatasan Representasi Pada Topik Ikatan Kimia”

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik instrumen asesmen yang berfokus pada keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia?
2. Bagaimanakah tanggapan guru terhadap instrumen asesmen yang berfokus pada keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian adalah:

1. Mengembangkan instrumen asesmen yang berfokus pada keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia.
2. Mendeskripsikan karakteristik instrumen asesmen yang dirancang untuk mengukur keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini menghasilkan instrumen asesmen keterampilan berbasis pemahaman potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia yang dapat bermanfaat berbagai pihak.

1. Peserta Didik

Pengembangan instrumen asesmen keterampilan ini diharapkan dapat memberikan motivasi lebih untuk peserta didik dalam mengikuti proses pembelajaran kimia.

2. Guru

Pengembangan instrumen asesmen keterampilan pada topik ikatan kimia sebagai sumber dan referensi dalam mengembangkan instrumen asesmen keterampilan pada pembelajaran kimia kurikulum merdeka bagi guru.

3. Sekolah

Pengembangan instrumen asesmen keterampilan pada topik ikatan kimia sebagai informasi dan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan dan pembelajaran kimia di sekolah.

4. Peneliti lain

Pengembangan instrumen asesmen keterampilan pada topik ikatan kimia sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut oleh para peneliti lain pada pelajaran kimia di SMA maupun tingkat satuan pendidikan lainnya.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kerangka kerja 3D-LAP yang disusun oleh Laverty (2016) digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan instrumen asesmen pada penelitian ini.
2. Penyusunan indikator pembelajaran mengacu pada kurikulum merdeka edisi revisi tahun 2024, menyesuaikan dengan kurikulum yang diterapkan di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu.
3. Keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi meliputi kemampuan untuk mengevaluasi sejauh mana suatu representasi mampu menjelaskan aspek tertentu dari fenomena kimia serta mengenali batasan informasi yang dapat disampaikan oleh representasi tersebut. Indikator keterampilan ini mengacu pada model representasi kimia yang dikembangkan oleh Kozma & Russell (2005).
4. Metode pengembangan instrumen asesmen ini adalah metode pengembangan 4D, dengan menggunakan 3 tahap penelitian ini yaitu *Define*, *Design*, dan *Development*.
5. Cakupan materi dalam penelitian ini adalah topik Ikatan Kimia, yang merupakan salah satu materi yang dipelajari oleh siswa SMA Kelas XI di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kompetensi Representasional

Kompetensi representasional merujuk pada kemampuan seseorang untuk menggunakan untuk menggunakan berbagai representasi atau visualisasi kimia baik tunggal maupun bersama-sama secara kritis dan reflektif. Melalui kemampuan ini, seseorang dapat melakukan refleksi mendalam untuk berpikir, berkomunikasi, dan menganalisis fenomena kimia dengan merujuk pada entitas fisik dan proses fundamental yang mendasarinya (Kozma & Russell, 2005). Secara khusus, kompetensi representasional dalam kimia mencakup kemampuan untuk "menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis fitur representasi tertentu" dan "menggunakan representasi untuk menggambarkan fenomena kimia yang dapat diamati dalam hal entitas dan proses molekuler yang mendasarinya" (Kozma & Russell, 2005; Popova, 2018). Dalam konteks reaksi kimia, kemampuan ini menjadi sangat penting karena kompleksitas konsepnya melibatkan berbagai tingkat representasi yaitu makroskopis, submikroskopis, dan simbolik (Johnstone, 1991).

Kemampuan mengelola representasi secara efektif menjadi esensial karena konsep-konsep kimia jarang dapat dipahami hanya dengan satu bentuk representasi saja (Chittleborough & Treagust, 2007). Siswa dituntut untuk mampu berpindah antar representasi, misalnya dari model partikel ke persamaan kimia, untuk membangun pemahaman konseptual yang utuh. Menurut Stowe dkk (2017), penguasaan representasi bukan hanya mendukung pencapaian pemahaman konsep, tetapi juga menjadi indikator perkembangan keterampilan berpikir ilmiah tingkat tinggi. Kompetensi representasional mencakup beragam keterampilan dan praktik yang memungkinkan para siswa untuk memahami, menginter-

pretasi, dan menggunakan representasi ilmiah secara efektif dalam konteks pemecahan masalah dan komunikasi sains (Gilbert, 2005). Kozma & Russel (2005) dalam Jones dkk (2022) menyatakan bahwa keterampilan dan praktik yang dalam kompetensi representasional mencakup:

1. Menginterpretasi representasi: kemampuan untuk mendekode fitur permukaan dari sebuah representasi.
2. Membuat representasi: kemampuan untuk menggambar atau membangun sebuah representasi.
3. Menerjemahkan antar representasi: kemampuan untuk membuat hubungan dari berbagai jenis representasi atau antara dua atau lebih representasi dari jenis yang sama.
4. Menggunakan representasi: kemampuan untuk menggunakan representasi dalam membuat prediksi, menarik kesimpulan, dan/atau menyelesaikan masalah.
5. Memahami potensi (*affordances*) dan keterbatasan (*limitations*) representasi: kemampuan untuk mengidentifikasi apa yang ditunjukkan oleh sebuah representasi yang tidak dapat ditunjukkan oleh representasi lain, serta mengidentifikasi kekurangan dari sebuah representasi.
6. Memilih representasi: kemampuan untuk memilih jenis representasi yang paling tepat untuk tujuan tertentu.
7. Pemahaman epistemologis: kesadaran bahwa representasi menggambarkan fenomena kimia tetapi bukan fenomena kimia itu sendiri.

B. Keterampilan Memahami Potensi dan Keterbatasan Representasi Kimia

Kompetensi representasi dalam pembelajaran kimia merupakan salah satu kompetensi penting yang melibatkan banyak aspek pemahaman. Diantara keterampilan yang termasuk di dalamnya, salah satu yang sangat penting adalah keterampilan memahami potensi dan keterbatasan dari tiap jenis representasi (Kozma & Russell, 2005; Jones dkk., 2022). Keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi tidak hanya berkaitan dengan penguasaan simbol atau gambar, melainkan juga pemahaman konseptual bahwa tidak ada satu pun bentuk representasi yang mampu menggambarkan fenomena kimia secara utuh. Setiap

representasi hanya menyoroti sebagian aspek dari kenyataan, sementara aspek lainnya mungkin justru terabaikan (Justi & Gilbert, 2002).

Siswa yang telah mencapai tingkat pemahaman yang baik terhadap konsep-konsep kimia umumnya mampu mengidentifikasi berbagai fenomena kimia dan menggunakan beragam bentuk representasi baik simbolik, makroskopik, maupun mikroskopik untuk menjelaskan makna di balik fenomena tersebut. Pada tahap ini, kemampuan mereka tidak hanya terbatas pada mengenali dan menggunakan representasi, tetapi juga mencakup kesadaran kritis terhadap keterbatasan masing-masing representasi dalam menyampaikan realitas ilmiah yang kompleks. Misalnya, ketika menggambarkan suatu reaksi kimia, persamaan reaksi memang efektif menunjukkan perubahan zat dari reaktan menjadi produk, namun representasi ini tidak dapat memberikan gambaran rinci mengenai interaksi antarpartikel pada level molekuler secara dinamis dan kontinu (Kozma & Russell, 2005). Pandangan ini sejalan dengan pemikiran Talanquer (2011), yang menekankan pentingnya kemampuan untuk mengenali saat sebuah model atau representasi tidak lagi cukup untuk menjelaskan suatu persoalan atau fenomena baru. Dalam kondisi seperti itu, siswa perlu menyadari bahwa model ilmiah bukanlah kebenaran mutlak, melainkan alat bantu berpikir yang dapat direvisi, ditinggalkan, atau dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan pemahaman ilmiah yang berkembang.

Memahami potensi dan keterbatasan representasi merupakan bagian dari literasi kimia yang mendalam. Representasi kimia tertentu dapat menonjolkan aspek tertentu dari sebuah fenomena namun juga memiliki keterbatasan dalam menyampaikan informasi lain. Ketika siswa mulai mengembangkan pemahaman ini, mereka menjadi lebih kritis dan terarah dalam memilih serta memanfaatkan representasi secara strategis dalam kegiatan belajar. Pendekatan ini membantu siswa untuk memahami konsep secara lebih akurat serta mengurangi potensi miskonsepsi representasi yang kerap muncul dalam pembelajaran (Pande & Chandrasekharan, 2017; Rau, 2018). Dalam proses pendidikan, hal ini dapat menjadi landasan untuk membentuk cara berpikir yang reflektif dan analitis, di mana siswa tidak menerima begitu saja apa yang disajikan oleh simbol atau model, tetapi mengevaluasi maknanya secara kritis (Kim et al., 2019).

C. Instrumen Asesmen Kompetensi Representasional

Nurbayati (2018) berpendapat bahwa instrumen asesmen adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data atau informasi untuk mengetahui kondisi subjek yang dinilai. Sementara itu, Suhartawan (2024) menyatakan bahwa Instrumen asesmen mengacu pada alat atau dokumen yang digunakan untuk mengumpulkan data terkait hasil atau prestasi belajar siswa. Fakta bahwa instrumen asesmen digunakan dalam pembelajaran untuk memperkirakan kompetensi peserta didik membuatnya begitu penting. Dalam dunia pendidikan, kualitas asesmen tidak bisa diabaikan. Sesuai dengan Permendikbudristek Nomor 21 Tahun 2022, setiap alat ukur pembelajaran wajib dirancang secara terstruktur dan berdasarkan pada tujuan pembelajaran yang jelas. Instrumen asesmen idealnya tidak hanya adil dan sah, tetapi juga mampu memberikan gambaran yang utuh tentang perkembangan belajar siswa. Lebih dari sekadar menilai, asesmen seharusnya menjadi bagian dari strategi pembelajaran yang mendorong perbaikan berkelanjutan. Dengan demikian, setiap instrumen asesmen yang digunakan dalam pembelajaran wajib memenuhi standar validitas, reliabilitas, dan relevansi sesuai dengan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, guru sebagai pengajar dituntut untuk bisa mengembangkan instrumen asesmen yang dapat mengukur kemajuan siswa di ranah IPA, termasuk bidang kimia (Syarifuddin, 2016).

Instrumen asesmen kompetensi representasional harus dirancang dengan mencakup berbagai jenis tugas yang merefleksikan aspek-aspek kompetensi representasional tersebut. Instrumen asesmen kompetensi representasional yang efektif memiliki karakteristik berbasis konteks, menggunakan berbagai format representasi seperti teks, diagram, tabel, dan grafik, serta berorientasi pada keterampilan kognitif tinggi seperti analisis, sintesis, dan evaluasi (Treagust dan Chittleborough 2001). Kajian mengenai kompetensi representasional dalam pendidikan sains telah menjadi perhatian berbagai peneliti yang mencoba mengembangkan asesmen yang relevan dan akurat. Salah satu kontribusi awal yang penting datang dari Kozma dan Russell (2005), yang mengembangkan seperangkat tugas untuk mahasiswa kimia, dengan tujuan mengevaluasi sejauh mana mereka mampu menjalin hubungan antara tiga level representasi: level makroskopik, level mikroskopik,

dan level simbolik. Pendekatan mereka menempatkan kompetensi representasional sebagai fondasi dalam memahami esensi kimia, bukan sekadar sebagai kemampuan visualisasi, melainkan sebagai instrumen berpikir yang kompleks dan terintegrasi.

Dalam ranah yang sedikit berbeda, Stull dan Mayer (2007) meneliti bagaimana pemahaman terhadap diagram dan representasi visual lainnya berkorelasi dengan pencapaian belajar dalam mata pelajaran sains. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa siswa yang mampu menafsirkan diagram ilmiah dengan baik cenderung memiliki pemahaman konseptual yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa representasi visual bukan sekadar ilustrasi pendukung, melainkan memiliki peran sebagai alat pemroses informasi yang memfasilitasi konstruksi makna dan transfer pengetahuan. Di tengah kemajuan teknologi pendidikan, studi yang dilakukan oleh Chang dkk (2010) menawarkan pendekatan yang lebih inovatif dengan mengembangkan platform digital untuk asesmen representasi. Melalui sistem digital tersebut, siswa dilatih untuk mengkonversi satu bentuk representasi ke bentuk lainnya, misalnya dari grafik ke penjelasan verbal, atau dari skema visual ke formulasi matematis. Model asesmen semacam ini tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga melacak proses berpikir dan fleksibilitas kognitif siswa dalam berpindah antar bentuk representasi, sehingga memberikan gambaran yang lebih holistik tentang kemampuan mereka.

Meskipun demikian, terdapat sejumlah tantangan dalam pengembangan instrumen asesmen representational competence. Tantangan utama meliputi keanekaragaman representasi yang harus digunakan untuk mencerminkan konteks pembelajaran, kesulitan validasi untuk memastikan bahwa instrumen benar-benar mengukur kemampuan representasional tanpa bias, serta integrasi teknologi dalam pengukuran untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi asesmen (Chang dkk., 2010).

D. Penelitian Yang Relevan

Berikut ini ditampilkan penelitian yang relevan dengan penelitian ini pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Penelitian yang relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Wang dkk. (2017)	<i>Development Of An Instrument To Evaluate High School Students' Chemical Symbol Representation Abilities</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen tes berbasis kerangka empat level yang dinamakan Chemical Symbol Representation Abilities (CSRA), untuk mengukur kemampuan representasi simbol kimia siswa SMA di China. b. Instrumen terbukti valid berdasarkan analisis data menggunakan model Rasch, yang menunjukkan kecocokan model-data dan unidimensionalitas, dengan nilai Reliabilitas person separation = 0.7, Reliabilitas item separation = 0.92. Nilai infit MNSQ berkisar antara 0.66–1.20 untuk sebagian besar item, berada dalam batas yang direkomendasikan (0.5–1.5), Cohen's Kappa untuk reliabilitas penilai item uraian: S18 = 1.00, S19 = 0.91, S20 = 0.86 c. Instrumen ini mengukur dimensi-dimensi (level) berikut dari kemampuan representasi siswa: 1) Level 1 – Menghubungkan simbol kimia dengan fenomena makroskopik 2) Level 2 – Memahami makna simbol dari sudut pandang sub-mikroskopik 3) Level 3 – Mentransformasikan dan menafsirkan representasi antara level makro dan sub-mikroskopik 4) Level 4 – Menggunakan simbol kimia untuk penalaran dalam konteks pemecahan masalah
2.	Laverty dkk., (2016)	<i>Characterizing College Science Assessments: The Three-Dimensional Learning Assessment Protocol</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen <i>Three-Dimensional Learning Assessment Protocol (3D-LAP)</i> untuk mengukur potensi soal asesmen dalam menggali keterlibatan siswa pada pembelajaran tiga dimensi di perguruan tinggi di negara Amerika Serikat. b. Instrumen ini terbukti valid berdasarkan validitas isi dan tampilan, serta analisis reliabilitas interrater dengan nilai kesepakatan: c. Biologi: Scientific Practices = 95%, Crosscutting Concepts = 93%, Core Ideas = 95% d. Kimia: Scientific Practices = 86%, Crosscutting Concepts = 78%, Core Ideas = 77% - Fisika: Scientific Practices = 93%, Crosscutting Concepts = 87%, Core Ideas = 87%
3.	Chang (2018)	<i>Students' Representational Competence with Drawing Technology Across Two Domains of Science</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen berbasis digital menggunakan aplikasi DrawScience untuk mengukur kompetensi representasional siswa di Taiwan dalam dua topik sains, yaitu states of matter dan carbon cycling. b. Instrumen terbukti valid berdasarkan validitas isi (melalui panel ahli) dan terbukti reliabel dengan nilai Cronbach's alpha RSCM (States of Matter) = 0.87 dan RCCC (Carbon Cycling) = 0.91. Instrumen ini mengukur dimensi representational competence siswa yang terdiri dari:

Tabel 1. Lanjutan

No	Peneliti	Judul	Hasil
			1. Penggunaan representasi dinamis 2. Penggunaan representasi ganda (tekstual, simbolik, makroskopik, partikulat) 3. Penggunaan konsep sains yang tepat 4. Penggunaan strategi visualisasi
4.	Ward dkk., (2025)	<i>Design, Development, and Evaluation of the Organic Chemistry Representational Competence Assessment (ORCA)</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen bernama ORCA (Organic Chemistry Representational Competence Assessment) untuk mengukur kompetensi representasional siswa di Amerika Serikat dalam topik kimia organik, khususnya kemampuan dalam menginterpretasi, menerjemahkan, dan menggunakan enam jenis representasi struktur molekul: struktur kondensasi, struktur Lewis, struktur kerangka, diagram wedge-dash, proyeksi Newman, dan konformasi kursi. b. Instrumen terbukti valid berdasarkan teknik analisis data seperti analisis faktor konfirmatori (CFA), yang menunjukkan bahwa model satu faktor lebih sesuai dibandingkan model tiga faktor, mengindikasikan bahwa kompetensi representasional lebih baik dievaluasi sebagai konstruk yang terpadu. Reliabilitas instrumen juga tinggi, dengan koefisien omega McDonald yang menunjukkan konsistensi internal yang baik. c. Instrumen ini mengukur dimensi kompetensi representasional siswa yang meliputi: 1. Interpretasi: kemampuan memahami fitur-fitur dari representasi tertentu. 2. Translasi: kemampuan menghubungkan dan menerjemahkan antara berbagai representasi yang berkaitan. 3. Penggunaan: kemampuan menggunakan representasi untuk membuat inferensi tentang fenomena kimia.
5.	(Rau, 2016)	<i>A Framework for Educational Technologies that Support Representational Competencies. IEEE Transactions on Learning Technologies</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen berupa kerangka desain dan tes asesmen berbasis kompetensi representasional yang disebut SUREC (Supporting Representational Competence) untuk mengukur dan mendukung kemampuan siswa dalam memahami dan menggunakan representasi visual di bidang kimia. b. Instrumen terbukti valid berdasarkan teknik analisis faktor dan analisis regresi, dengan hasil: $R^2 = 52,6\%$: menunjukkan kontribusi signifikan dua kompetensi terhadap pemahaman konsep kimia c. Instrumen ini mengukur dimensi: 1. Pemahaman konseptual terhadap koneksi antar representasi visual. 2. Pemahaman potensi dan keterbatasan representasi.

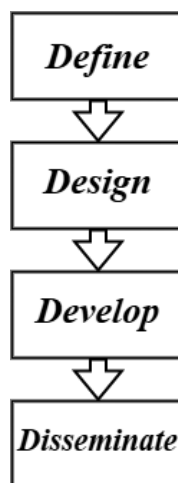
Tabel 1. Lanjutan

No	Peneliti	Judul	Hasil
6.	(Luxford, 2014)	<i>Development of the Bonding Representations Inventory To Identify Student Misconceptions about Covalent and Ionic Bonding Representations</i>	a. Penelitian ini mengembangkan instrumen berupa <i>Bonding Representations Inventory</i> (BRI), yaitu tes pilihan ganda satu-tier dan dua-tier yang didasarkan pada teori miskonsepsi dan data empirik wawancara. Instrumen ini dirancang untuk mengukur pemahaman dan miskonsepsi siswa di Amerika Serikat terhadap representasi ikatan kovalen dan ionik, seperti struktur Lewis, model ruang, dan diagram lainnya. Secara implisit, instrumen ini juga mengukur kemampuan siswa dalam memahami keterjangkauan representasi, yaitu sejauh mana mereka menyadari batas dan makna dari fitur visual dalam menggambarkan ikatan kimia. b. Instrumen ini terbukti valid berdasarkan <i>expert review</i> (validitas isi) dan <i>concurrent validity</i>, dengan bukti perbedaan skor signifikan antara siswa SMA reguler, siswa AP Kimia, dan mahasiswa kimia umum. Reliabilitas juga diperkuat dengan analisis <i>Ferguson's δ</i> (>0.9) dan <i>item discrimination</i> yang menunjukkan performa soal baik. c. Instrumen ini mengukur dimensi pemahaman representasi siswa dalam empat kategori utama miskonsepsi: (1) tren periodik, (2) interaksi elektrostatik, (3) aturan oktet, dan (4) fitur visual representasi..

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah model penelitian 4D (*Four-D*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Model penelitian 4D terdiri dari empat tahapan di antaranya: *Define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Berikut ini adalah diagram desain penelitian 4D (*Four-D*):



Gambar 1. Langkah-langkah pengembangan menurut Thiagarajan (1974)

Penelitian pengembangan instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia ini hanya menggunakan 3 langkah dalam pelaksanaan strategi penelitian dan pengembangan, berdasarkan desain penelitian 4D yaitu; (1) *Define*, (2) *Design*, dan (3) *Develop*. Tahap (4) *Disseminate* tidak dilakukan karena keterbatasan waktu.

B. Sumber Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari dua tahap, yaitu tahap analisis dan tahap pengembangan. Tahap analisis dilakukan di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Sumber data diperoleh dari dua orang guru kimia dan siswa kelas XI jurusan IPA yang berjumlah 31 orang. Pada tahap pengembangan, sumber data diperoleh dari tiga dosen Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung untuk proses validasi ahli dan dua orang guru kimia serta 33 orang siswa kelas XI jurusan IPA SMA Negeri 1 Sukoharjo kabupaten Pringsewu untuk uji coba lapangan.

C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini adalah prosedur pelaksanaan penelitian menggunakan model pengembangan 4D pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap *define* (pendefinisian)

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian dan pengembangan ini yaitu Tahap pendefinisian, yang bertujuan untuk mengidentifikasi serta mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam proses pembelajaran, sekaligus mengumpulkan berbagai informasi yang relevan dengan produk yang akan dikembangkan. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

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

Analisis ujung depan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana guru membutuhkan instrumen asesmen dalam menilai keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi siswa pada topik ikatan kimia, sehingga 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 guru kepada 2 guru kimia di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi awal terhadap produk asesmen yang sudah ada. Tahap ini dilakukan dengan menganalisis produk asesmen yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar pada topik ikatan kimia ada di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Selain itu juga dilakukan

analisis ketersediaan asesmen berbasis keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi melalui jurnal-jurnal internasional yang mengembangkan instrumen asesmen yang relevan.

b) Analisis peserta didik

Analisis peserta didik pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterampilan-keterampilan individu siswa yang sudah dimiliki dan dapat dikembangkan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan serta kebutuhan peserta didik terkait kepentingan pengembangan instrumen asesmen yang mampu mengukur keterampilan peserta didik dalam memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia. Analisis peserta didik dilakukan melalui studi pendahuluan dengan cara menyebarkan angket analisis kebutuhan kepada 30 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu.

c) Analisis tugas

Analisis tugas dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi tugas-tugas yang pernah dilakukan oleh peserta didik sebelumnya. Dalam tahap ini, dilakukan analisis apakah terdapat tugas yang berkaitan dengan asesmen yang sedang dikembangkan, sehingga dapat diperoleh gambaran mengenai pengalaman peserta didik dalam mengerjakan tugas yang bermakna.

d) Perumusan Tujuan Pembelajaran

Dalam penelitian ini, perumusan tujuan pembelajaran dilakukan melalui analisis tugas untuk mengidentifikasi kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik. Hasil dari analisis ini kemudian dirumuskan menjadi Tujuan Pembelajaran yang bersifat spesifik dan operasional. Tujuan pembelajaran tersebut juga disusun dengan menyesuaikan pada Capaian Pembelajaran (CP) dalam Kurikulum Merdeka tahun 2024 yang merujuk pada Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Permendikbudristek) Nomor 12 tahun 2024, menyesuaikan dengan kurikulum yang diterapkan pada kegiatan belajar mengajar di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu.

2. *Design (Design)*

Tahap desain produk dilakukan dengan membuat rancangan awal format

instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia, yang mempertimbangkan kebutuhan guru dan siswa terkait instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi 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 hasil angket analisis kebutuhan guru dan siswa di SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Selanjutnya dilakukan penyusunan kisi-kisi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi. Penyusunan indikator keterampilan mengacu pada model *Representational Competence* yang diusulkan oleh Kozma & Russel (2005), sedangkan penyusunan indikator soal mengacu pada indikator *representational competence*.

b. Rancangan awal (*initial design*)

Pada tahap ini, dilakukan penyusunan rancangan instrumen asesmen yang bertujuan untuk mengukur keterampilan siswa dalam memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia. Perancangan dilakukan dengan memperhatikan tiga aspek utama yang menjadi acuan mutu instrumen asesmen, yaitu validitas, reliabilitas, dan kepraktisan. Komponen rancangan produk meliputi petunjuk penggunaan instrumen, kisi-kisi instrumen asesmen, rancangan butir-butir asesmen dalam bentuk *two-tier* pilihan jamak yang berorientasi pada kemampuan siswa dalam memahami potensi dan keterbatasan representasi, serta rubrik penskoran instrumen asesmen. Selain itu, dirancang pula angket validasi ahli yang mencakup aspek kesesuaian isi dan konstruksi, serta angket tanggapan guru yang mencakup aspek kesesuaian isi, konstruksi, dan kepraktisan. Rancangan ini merupakan dasar pengembangan produk instrumen asesmen pada tahap berikutnya.

a) Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan dilakukan untuk merealisasikan desain yang sebelumnya telah dibuat. Produk yang dibuat adalah Instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi kimia. Tahap ini bertujuan

untuk menghasilkan konten yang dikembangkan berdasarkan saran dan kritik dari para ahli dan data hasil uji coba lapangan. Adapun tahap *development* dalam penelitian ini yaitu:

1) Validasi ahli

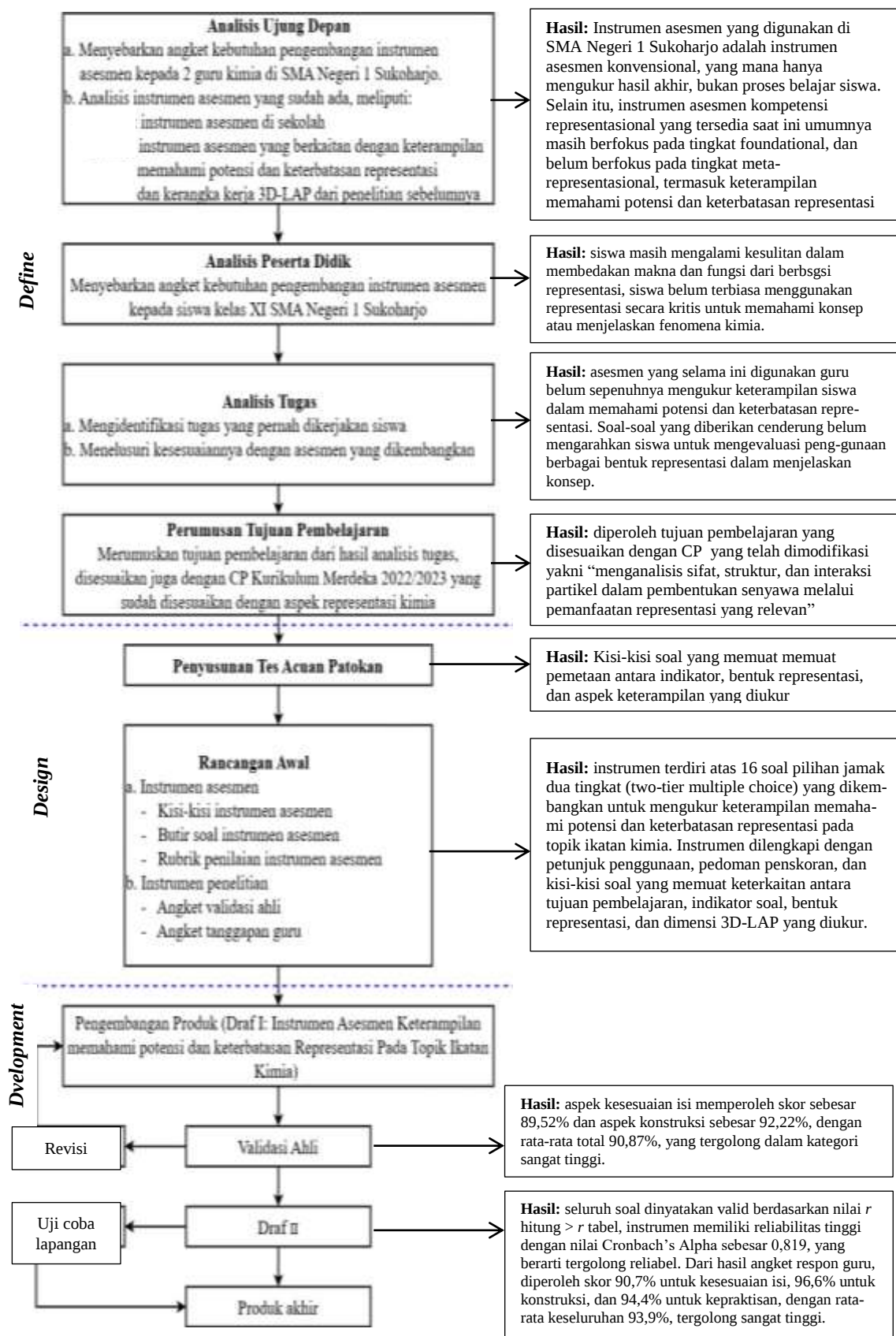
Validasi ahli dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan penilaian dan masukan awal mengenai instrumen asesmen yang dikembangkan. Proses validasi ini melibatkan tiga dosen Pendidikan Kimia Universitas Lampung. Tahap validasi ahli dimulai dengan menyerahkan produk rancangan awal dan angket validasi ahli yang mencakup aspek kesesuaian isi dan aspek konstruksi. Selanjutnya, data hasil validasi dianalisis dan semua masukan dan dirangkum. Hasil validasi ini kemudian didiskusikan dengan dosen pembimbing untuk mempertimbangkan saran perbaikan. Produk kemudian diperbaiki berdasarkan masukan validator. Berdasarkan masukan validator, dilakukan penyempurnaan yang menghasilkan produk pengembangan tahap kedua.

2) Uji coba lapangan

Setelah instrumen asesmen melewati tahap validasi ahli dan direvisi, langkah selanjutnya adalah melaksanakan uji coba lapangan. Pada tahap uji coba lapangan, instrumen asesmen disebarkan kepada 33 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu yang mengambil mata pelajaran kimia. Setelah siswa menyelesaikan pengerjaan instrumen asesmen, selanjutnya dilakukan penyebaran angket tanggapan guru kepada 2 guru kimia SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu sebagai responden yang memahami konteks pembelajaran. Angket tanggapan guru ini difokuskan pada penilaian terhadap aspek kesesuaian isi, konstruksi dan kepraktisan instrumen asesmen.

D. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam pengembangan instrumen asesmen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Alur dalam pengembangan instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia

E. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian digunakan untuk menilai instrumen asesmen yang dikembangkan yakni instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas instrumen pada studi pendahuluan, instrumen pada validasi ahli, dan instrumen pada studi uji coba terbatas. Instrumen penelitian diperlukan pada 2 tahap pengembangan pada penelitian ini, yakni tahap *define* dan *develop*. Adapun penjelasan instrumen-instrumen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Instrumen pada tahap *Define*

Instrumen pada tahap analisis terdiri dari lembar analisis kebutuhan guru dan lembar angket analisis kebutuhan siswa. Penjelasanannya adalah sebagai berikut:

a) Angket analisis kebutuhan pengembangan instrumen menurut respon guru
Angket analisis kebutuhan berdasarkan respon guru disusun untuk mengidentifikasi kebutuhan terhadap pengembangan instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi menurut respon guru. Penyebaran angket dilakukan melalui studi pendahuluan dengan memberikan angket secara langsung kepada 2 guru kimia SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Jenis angket yang digunakan adalah angket semi terbuka yang terdiri dari 11 item pertanyaan yang dilengkapi dengan kolom komentar. Pengisian angket dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada salah satu pilihan format jawaban berikut ini:

- 1) Sangat sering; Cukup sering; Jarang; Tidak pernah (1 item pertanyaan)
- 2) Ya, sangat perlu; Cukup perlu; Tidak perlu (1 item pertanyaan)
- 3) Ya, sangat kesulitan; Cukup kesulitan; Tidak kesulitan (2 item pertanyaan)
- 4) Ada; Tidak ada (5 item pertanyaan)
- 5) Penting; tidak penting (2 item pertanyaan)

b) Angket analisis kebutuhan untuk siswa

Lembar angket analisis kebutuhan siswa digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan terhadap pengembangan instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi menurut respon siswa. Penyebaran angket

dilakukan melalui studi pendahuluan dengan memberikan angket secara langsung kepada 30 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. Jenis angket yang digunakan adalah angket semi terbuka yang terdiri dari 12 item pertanyaan yang dilengkapi dengan kolom komentar. Pengisian angket dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada salah satu pilihan format jawaban berikut ini:

- 3) Pilihan jamak; Essay; Portofolio; Isian singkat; Lainnya (1 item pertanyaan)
- 4) 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 (1 item pertanyaan)
- 5) Ya; Tidak (5 item pertanyaan)
- 6) Pernah; Tidak Pernah (3 item pertanyaan)
- 7) Perlu; Tidak Perlu (1 item pertanyaan)
- 8) Bersifat obyektif; Terkait dengan kehidupan sehari-hari; Dapat menilai proses bukan hanya hasil akhir; Dapat membuka wawasan siswa (1 item soal)

.

2. Instrumen pada tahap *development*

Jenis angket yang digunakan pada tahap *development* adalah angket semi terbuka. Format pernyataan dalam angket berupa skala linkert dengan 5 pilihan respon menurut Sugiyono (2010), yaitu: Sangat Setuju (SS), Setuju (ST), Kurang Setuju (KS), Tidak Setuju (TS), Sangat Tidak Setuju (STS), dengan rentang skor: 5 (jawaban sangat setuju), dan 1 (jawaban sangat tidak setuju). Pengisian angket dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada salah satu pilihan format jawaban yang dianggap paling tepat.

a) Angket validasi ahli

Instrumen yang digunakan pada validasi ahli meliputi instrumen validasi aspek kesesuaian isi dan aspek konstruksi. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1) Angket validasi kesesuaian isi

Instrumen validasi kesesuaian isi disusun untuk mengetahui kesesuaian isi instrumen asesmen, seperti kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan kurikulum merdeka

(4 item pernyataan), kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan indikator *representational competence* (6 item pernyataan), dan kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan 3D-LAP (4 item pernyataan).

Hasil dari validasi kesesuaian isi ini dijadikan sebagai bahan masukan dalam pengembangan atau revisi instrumen asesmen untuk mengukur keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi.

2) Angket validasi konstruksi

Instrumen ini digunakan untuk mengidentifikasi adanya kesesuaian antara indikator dengan soal yang dibuat, rubrik soal dan pedoman penskoran.

Angket validasi ahli konstruksi terdiri dari 6 pernyataan. Hasil dari validasi konstruksi ini dijadikan sebagai masukan dalam pengembangan atau revisi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi.

b) Angket tanggapan guru

Instrumen yang digunakan pada validasi ahli meliputi instrumen validasi aspek kesesuaian isi, aspek konstruksi dan aspek kepraktisan. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1) Angket tanggapan guru aspek kesesuaian isi

Instrumen tanggapan guru aspek kesesuaian isi disusun untuk mengetahui kesesuaian isi instrumen asesmen, seperti kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan kurikulum merdeka (4 item pernyataan), kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan indikator *representational competence* (6 item pernyataan), dan kesesuaian isi instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi dengan 3D-LAP (4 item pernyataan).

2) Angket validasi konstruksi

Pada aspek konstruksi, guru menilai kesesuaian antara indikator pembelajaran

dan keterampilan dengan soal yang dibuat, rubrik soal dan pedoman penskoran. Angket tanggapan guru aspek konstruksi terdiri dari 6 pertanyaan. Hasil dari tanggapan guru ini digunakan untuk mengukur kelayakan butir soal instrumen asesmen yang dikembangkan.

3) Angket tanggapan guru aspek kerpaktisan

Angket tanggapan guru aspek kepraktisan disusun untuk mengetahui sejauh mana instrumen asesmen yang dikembangkan mudah untuk digunakan, diimplementasikan, dan dipahami oleh siswa.

F. Teknik Analisis Data

Adapun teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Teknik analisis data hasil angket pada tahap analisis

Adapun kegiatan dalam teknik analisis data hasil angket dilakukan dengan cara:

- a) Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket.
- b) Menghitung persentase jawaban responden. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase jawaban responden setiap item adalah sebagai berikut:

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

Keterangan: % J_{in} = Persentase pilihan jawaban-i pada angket analisis kebutuhan menurut respon guru dan respon siswa

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

N = Jumlah seluruh responden

2. Teknik analisis data instrumen hasil validasi ahli dan tanggapan guru

Angket yang akan diolah pada penelitian ini adalah angket hasil validasi ahli, tanggapan guru, dan tanggapan siswa terhadap instrumen asesmen potensi dan keterbatasan representasi yang dikembangkan. Hasil angket validasi ahli, tanggapan guru dan tanggapan siswa dilakukan dengan cara:

- a) Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket.
- b) Memberi skor jawaban responden. Penskoran jawaban responden dalam

angket dilakukan berdasarkan skala Likert pada Tabel 1.

Tabel 2. Penskoran pada angket untuk pertanyaan positif (Sugiyono, 2008)

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

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

1) Skor untuk pernyataan Sangat Setuju (SS)

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

2) Skor untuk pernyataan Setuju (S)

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

3) Skor untuk pernyataan Kurang Setuju (KS)

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

4) Skor untuk pernyataan Tidak Setuju (TS)

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

5) Skor untuk pernyataan Sangat Tidak Setuju (STS)

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

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

$S_{1\ 2\ 3\ 4\ 5}$ = 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 pernyataan ke-i pada angket

$\sum s$ = Jumlah skor jawaban

S_{maks} = Skor maksimum

- f) Menghitung rata-rata persentase angket untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi, konstruksi dan kepraktisan pada instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia yang dikembangkan, dengan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

$\% X_{in}$ = Rata-rata presentase angket-i

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

n = Jumlah butir soal

- g) Menafsirkan persentase jawaban angket secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Tafsiran persentase angket (Arikunto, 2008)

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

- h) Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli tanggapan guru, dan tanggapan siswa dengan menggunakan tafsiran Arikunto berdasarkan Tabel 4.

Tabel 4. Tafsiran kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli, tanggapan guru, dan tanggapan siswa (Arikunto, 2008).

Persentase	Tingkat Kevalidan	Keterangan
76-100	Valid	Layak/tidak perlu direvisi
51-75	Cukup Valid	Cukup layak/revisi Sebagian
26-50	Kurang Valid	Kurang layak/revisi Sebagian
<26	Tidak Valid	Tidak layak/revisi total

3. Analisis Butir Soal

a. Uji Validitas

Validitas butir soal dapat ditentukan dengan mengujikan instrumen penelitian yang telah dikembangkan kepada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sukoharjo jurusan IPA yang telah mempelajari materi ikatan Kimia. Selanjutnya, hasil yang diperoleh diuji validitasnya dengan bantuan program IBM Statistic Ver 26.0. Instrumen asesmen dikatakan valid apabila hasil perhitungannya diperoleh nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan taraf signifikan yang digunakan sebesar 5%.

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 didapatkan kemudian direpresentasikan dengan derajat reliabilitas berikut:

Tabel 5. Kriteria derajat reliabilitas (Taber, 2018)

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini.

1. Instrumen asesmen keterampilan memahami potensi dan keterbatasan representasi pada topik ikatan kimia berhasil dikembangkan dengan mengacu pada model pengembangan ADDIE dan kerangka kerja 3D-LAP. Instrumen disusun dalam bentuk soal *two-tier* pilihan jamak sebanyak 16 butir soal yang melibatkan representasi kimia dan alasan konseptual. Instrumen ini memuat tiga dimensi pembelajaran sains, sesuai dengan kerangka kerja 3D-LAP yaitu praktik ilmiah dalam penggunaan model (*Scientific Practices*), konsep lintas bidang (*Crosscutting Concepts*), dan ide pokok kimia (*Disciplinary Core Ideas*). Aspek keterampilan yang diukur mencakup identifikasi potensi, keterbatasan, serta evaluasi representasi yang relevan untuk menjelaskan fenomena kimia.
2. Tanggapan guru terhadap instrumen asesmen yang dikembangkan sangat positif. Berdasarkan hasil angket, guru menyatakan bahwa instrumen ini memiliki kesesuaian isi terhadap kurikulum dan indikator kompetensi representasional, serta mendukung ketercapaian pembelajaran yang bermakna. Guru juga menyatakan bahwa instrumen ini praktis digunakan dan dapat menjadi alternatif asesmen yang mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa.
3. Instrumen asesmen dinyatakan valid dan reliabel. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat kesesuaian isi dan konstruksi yang sangat tinggi, dengan nilai rata-rata presentase sebesar 90,87%, yang berarti

instrumen ini layak digunakan tanpa perlu revisi mayor. Selain itu, hasil uji validitas dan reliabilitas melalui uji coba lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar butir soal tergolong valid, dan nilai reliabilitas memenuhi kriteria instrumen yang konsisten dan terpercaya.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut ini adalah saran yang dapat dijadikan sebagai bahan masukan untuk penelitian selanjutnya:

1. Mengingat penelitian ini hanya dilaksanakan sampai tahap development dengan model pengembangan 4D. Penelitian lanjutan dapat disarankan untuk mengkaji implementasi instrumen ini secara lebih luas di berbagai konteks sekolah, menilai dampak penggunaannya terhadap hasil belajar dan kemampuan representasional siswa, serta mengembangkan instrumen lanjutan pada topik-topik kimia lainnya. Selain itu, tahap diseminasi (*dissemination*) dalam model 4D penting dilakukan guna mengetahui tingkat keterpakaian, keberterimaan, dan efektivitas instrumen jika digunakan secara lebih luas oleh guru kimia.
2. Peneliti menyadari bahwa instrumen asesmen yang dikembangkan dalam penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Meskipun telah melalui tahap validasi dan revisi, beberapa aspek teknis maupun substansi masih memerlukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan dengan cakupan materi yang lebih luas, melibatkan berbagai tipe representasi, serta memperbaiki kekurangan yang mungkin belum teridentifikasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2008). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik* (Edisi Revisi). Jakarta: Rineka Cipta.
- Agustianti, R., Abyadati, S., Nussifera, L., Irvani, A. I., Handayani, D. Y., Hamdani, D., & Amarulloh, R. R. (2022). *Asesmen & evaluasi pembelajaran*. Makassar: Tohar Media.
- Branch, R. M. (2010). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- Chang, C. Y., Liu, C. C., & Tsai, C. C. (2010). An investigation of the relationship between students' cognitive load and their learning strategies. *Science Education*, 94(2), 206-226.
- Chang, H.-Y. (2018). Students' representational competence with drawing technology across two domains of science. *Science Education*, 102(5), 1129–1149.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modeling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274–292.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science Education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Springer.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-8.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15.
- Jones, T., & Popova, M. (2022). Multi-framework case study characterizing organic chemistry instructors' approaches toward teaching about representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(3), 930–947.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

- Kim, T., Wright, L. K., & Miller, K. (2019). An examination of students' perceptions of the Kekulé resonance representation using a perceptual learning theory lens. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 505–515.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 121-145).
- Leverly, J., Lavery, J., Underwood, S. M., & Matz, R. L. (2016). The Three-Dimensional Learning Assessment Protocol (3D-LAP): Supporting the development of assessments aligned with three-dimensional learning in undergraduate science courses. *PLOS ONE*.
- Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2014). Development of the Bonding Representations Inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312–320.
- Nurbayati, S., Soendari, T., & Sunaryo. (2018). Instrumen asesmen menulis permulaan pada anak dengan hambatan kecerdasan ringan. *JASSI_anakku*, 19(2), 32-38.
- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: Towards a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education*, 53(1), 1–43.
- Pellegrino, J. W., Wilson, M. R., Koenig, J. A., & Beatty, A. S. (2014). *Developing assessments for the Next Generation Science Standards*. National Academies Press.
- Popova, M., & Bretz, S. L. (2018). Organic chemistry students' interpretations of the surface features of reaction coordinate diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1050–1063.
- Popova, M., & Jones, T. (2021). Chemistry instructors' intentions toward developing, teaching, and assessing student representational competence skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4), 1050–1067.
- Rahayu, D. S., & Sofia, R. (2021). Identifikasi miskonsepsi peserta didik pada materi ikatan kimia: Sebuah studi literatur. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 5(2), 89-97.
- Rau, M.A. (2016). A Framework for Educational Technologies that Support Representational Competencies. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
- Rau, M. A. (2018). Conditions for the effectiveness of multiple visual

representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 30(4), 873–899.

- Sari, K. M., & Setiawan, H. (2020). Kompetensi pedagogik guru dalam melaksanakan penilaian pembelajaran anak usia dini. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 4(2), 900-912.
- Stowe, R. L., & Cooper, M. M. (2017). Practicing What We Preach: Assessing “Critical Thinking” In Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*.
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808-820.
- Sudjana. (2005). *Metode Statistiska*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)* Cetakan Ke-6. Alfabeta. Bandung.
- Suhartawan, B., Arif, H. M., Errina, G., Nur Iman, M., Reba, Y. A., Marjuki, M., Rukmini, A., Daawia, D., Korosando, F., & Wulandari, S. S. (2024). *Analisis Hasil Belajar*. Batam : CV. Rey Media Grafika.
- Syaifuddin, A., Fadiawati, N., & Rosilawati, I. (2014). Pengembangan Instrumen Asesmen Berbasis Representasi Kimia pada Materi Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*. 3 (2).
- 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.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry "Triplet". *International Journal of Science Education*. 33(2), 179-195.
- Talanquer, V. (2013). Chemistry education: Ten facets to shape us. *Journal of Chemical Education*. 90(7), 832-838.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Bloomington, IN: Indiana University.
- Towns, M. H., Kraft, A., Knipe, R., & Potts, S. (2012). Developing learning objectives and assessment plans at a variety of institutions: Examples and case studies. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 1013–1019.

- Treagust, D. F., & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A Matter of Understanding Representations. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving Science Education* (pp. 213-234). Routledge.
- Wang, Z., Chi, S., Luo, M., Yang, Y., & Huang, M. (2017). Development of an instrument to evaluate high school students' chemical symbol representation abilities. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 875–892.
- Ward, R., Herrington, D. G., & Smith, K. J. (2025). Design, development, and evaluation of the Organic Chemistry Representational Competence Assessment (ORCA). *Journal of Chemical Education*, 102(1).
- Warsito, W., Suyanta, S., & Prasetyo, Z. K. (2020). Identifikasi miskonsepsi siswa pada topik ikatan kimia serta perbaikannya dengan pembelajaran model ECIRR (Elicit, Confront, Identify, Resolve, Reinforce). *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(8), 1158-1165.