

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept* berdasarkan model mental mahasiswa calon guru kimia pada materi kesetimbangan kimia, melalui instrumen tes diagnostik model mental *interview-about-event* (TDM-IAE). Penelitian ini mendeskripsikan atau menggambarkan suatu kondisi apa adanya, tidak melakukan manipulasi atau perlakuan-perlakuan tertentu terhadap variabel penelitian. Karena itu penelitian yang dilakukan adalah penelitian kualitatif dan metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif.

Pada penelitian kualitatif, peneliti berupaya mempelajari fenomena yang terjadi secara alami dalam semua kompleksitasnya (Fraenkel, dkk., 2012, hlm. 426). Penelitian deskriptif adalah suatu metode penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena yang bersifat alamiah ataupun rekayasa manusia. Penelitian deskriptif mengkaji bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaannya dengan fenomena lain (Sukmadinata, 2012, hlm. 72).

#### **3.2 Prosedur Penelitian**

Penelitian ini mendeskripsikan secara rinci hasil analisis konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept* mahasiswa calon guru kimia pada materi kesetimbangan kimia, dengan menggunakan instrumen TDM-IAE. Prosedur penelitian ini secara umum terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap awal, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir.

##### **1. Tahap Awal**

Dalam rangka menunjang kebutuhan awal penelitian, pada tahap ini dilakukan kajian dari berbagai literatur mengenai karakteristik ilmu kimia, model mental, dan teknik yang dapat digunakan untuk menggali model mental, konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept*. Kemudian dilakukan analisis Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan Struktur Kurikulum Program Studi

Pendidikan Kimia. Analisis RPS untuk mengetahui mata kuliah apa saja yang membahas materi kesetimbangan kimia dan untuk mengetahui capaian pembelajaran pada mata kuliah tersebut. Analisis struktur kurikulum dilakukan untuk memperoleh informasi pada semester berapa waktu pelaksanaan mata kuliah tersebut. Selain itu, dilakukan analisis konten mengenai materi kesetimbangan kimia, meliputi analisis multirepresentasi dan informasi lain yang berkaitan dengan konten kesetimbangan kimia.

Hasil dari analisis kompetensi dasar dan analisis konten ini kemudian digunakan untuk menentukan indikator. Selanjutnya, indikator tersebut dikembangkan menjadi instrumen penelitian TDM-IAE yang berupa pedoman wawancara. Pada instrumen ini juga dibuat beberapa ilustrasi gambar mengenai fenomena kesetimbangan kimia untuk menunjang tahap pemberian *event*.

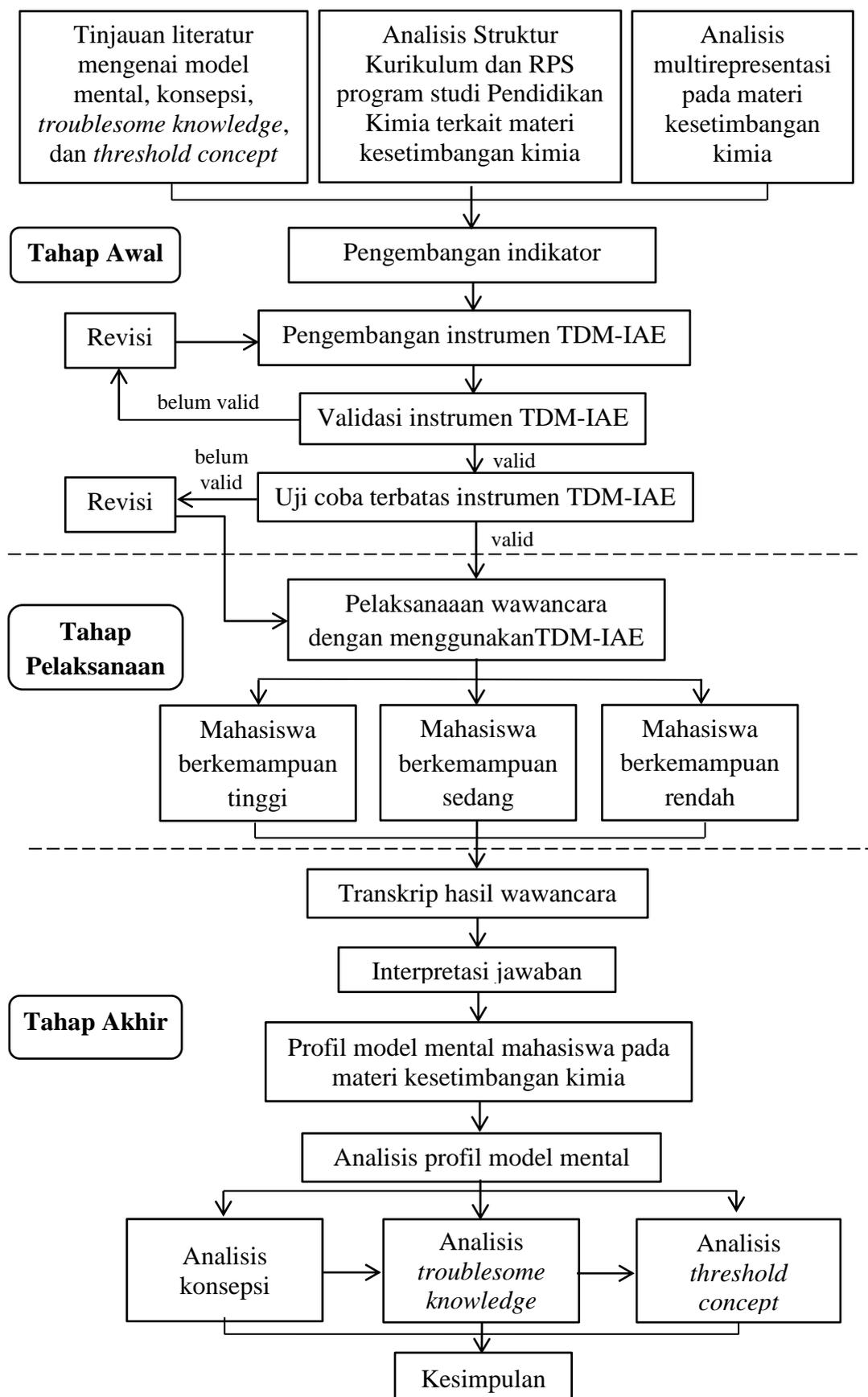
Instrumen yang telah dikembangkan, selanjutnya divalidasi oleh lima orang validator yang merupakan dosen pendidikan kimia yang ahli dalam bidang kimia dan evaluasi. Apabila belum valid, instrumen yang telah divalidasi ini kemudian direvisi berdasarkan saran dari validator. Instrumen yang telah valid diuji coba secara terbatas kepada beberapa orang mahasiswa untuk mengetahui jika pertanyaan-pertanyaan yang telah dikembangkan pada instrumen TDM-IAE dapat dipahami atau tidak. Apabila ada yang kurang dipahami atau ada pergantian pertanyaan, maka dilakukan dahulu revisi instrumen berdasarkan hasil uji coba. Instrumen yang telah diperbaiki berdasarkan hasil uji coba, akan digunakan pada tahap pelaksanaan.

## **2. Tahap Pelaksanaan**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data mengenai model mental mahasiswa calon guru kimia pada materi kesetimbangan kimia dengan menggunakan instrumen TDM-IAE. Pengambilan data dilakukan dengan teknik wawancara secara daring terhadap 12 orang mahasiswa calon guru kimia dari tingkat I sampai IV. Dari setiap angkatan, dipilih tiga orang mahasiswa berdasarkan kemampuan akademiknya, yaitu tinggi, sedang, dan rendah.

### 3. Tahap Akhir

Pada tahap akhir, dilakukan analisis dari hasil wawancara yang diperoleh. Hasil wawancara ditranskripsikan ke dalam bentuk tulisan. Kemudian dilakukan interpretasi dari setiap jawaban mahasiswa, sehingga diperoleh deskripsi profil model mental mahasiswa pada materi kesetimbangan kimia. Berdasarkan profil model mental yang diperoleh, kemudian dilakukan analisis konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept*. Selain analisis data, pada tahap ini juga dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Adapun alur dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Alur Penelitian

### 3.3 Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu Perguruan Tinggi Negeri di Kota Bandung. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa calon guru yang masih berstatus aktif kuliah di Program Studi Pendidikan Kimia. Adapun mahasiswa yang menjadi subjek penelitian ini harus memenuhi beberapa prasyarat, yaitu telah mempelajari materi kesetimbangan kimia dan telah mengontrak mata kuliah kimia dasar.

Pemilihan subjek penelitian ini menggunakan metode *cross-section*, yakni subjek penelitiannya berasal beberapa tingkat pendidikan, sehingga dipilih mahasiswa tingkat I sampai IV, yaitu angkatan 2018, 2019, 2020, dan 2021. Mahasiswa dari setiap angkatan dikelompokkan ke dalam tiga kategori berdasarkan tingkat kemampuan akademik, yaitu tinggi, sedang, dan rendah.

Pengelompokkan mahasiswa ke dalam tiga kategori dilakukan secara statistik, dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi. Pada penelitian ini, proses perhitungan statistika dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Data yang digunakan untuk menentukan kategorisasi kelompok ini adalah nilai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) dari mahasiswa. Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan kelompok mahasiswa berdasarkan tiga kategori.

#### 1. Mencari nilai rata-rata IPK ( $\bar{X}$ )

Rumus yang digunakan untuk mencari rata-rata IPK ( $\bar{X}$ ) dari setiap angkatan:

$$=AVERAGE (X_1: X_n)$$

Keterangan:

( $X_1: X_n$ ) = Nilai IPK mahasiswa ke-1 sampai mahasiswa ke-n.

#### 2. Mencari nilai standar deviasi (SD)

Rumus yang digunakan untuk mencari standar deviasi (SD) dari setiap angkatan:

$$=STDEV (X_1: X_n)$$

#### 3. Menentukan batas-batas kelompok

Berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi yang telah diperoleh pada langkah 1 dan 2, mahasiswa dari setiap angkatan akan digolongkan menjadi tiga kategori batas-batas kelompok berdasarkan kriteria menurut Arikunto (2006, hlm. 264), yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Kriteria Kategori Pengelompokan Mahasiswa

Batas Nilai	Kelompok
$X \geq (\bar{X} + SD)$	Tinggi
$(\bar{X} - SD) \leq X < (\bar{X} + SD)$	Sedang
$X < (\bar{X} - SD)$	Rendah

Setelah mensubstitusikan nilai  $\bar{X}$  dan SD untuk setiap angkatan ke dalam rumus kategorisasi, diperoleh hasil pengelompokan mahasiswa yang disajikan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Hasil Pengelompokan Mahasiswa pada Setiap Angkatan Berdasarkan Kemampuan Akademik

Kemampuan Akademik	Angkatan			
	2018	2019	2020	2021
Tinggi	$X \geq 3,71$	$X \geq 3,67$	$X \geq 3,79$	$X \geq 3,80$
Sedang	$3,25 \leq X < 3,71$	$3,31 \leq X < 3,67$	$3,21 \leq X < 3,79$	$3,22 \leq X < 3,80$
Rendah	$X < 3,25$	$X < 3,31$	$X < 3,21$	$X < 3,22$

Kemudian berdasarkan data hasil pengelompokan mahasiswa tersebut, pada setiap angkatan dipilih tiga orang mahasiswa, yang mana setiap mahasiswa memiliki kemampuan akademik yang berbeda, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Dengan demikian, jumlah mahasiswa yang menjadi subjek penelitian sebanyak 12 orang. Pemilihan mahasiswa ini ditentukan oleh dosen yang pernah mengampu mata kuliah kimia dasar dan kimia sekolah dari mahasiswa yang bersangkutan.

### 3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tes Diagnostik Model Mental *Interview-about-Event* (TDM-IAE), berupa pedoman wawancara berisi beberapa pertanyaan mengenai fenomena pada materi kesetimbangan kimia. Pertanyaan-pertanyaan tersebut terdiri dari pertanyaan utama, *probing* umum, dan *probing* khusus, yang dirumuskan dengan tujuan untuk menyelidiki pemahaman mahasiswa pada level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, sehingga tipe profil model mental yang dimiliki mahasiswa dapat diketahui.

Di bagian awal instrumen TDM-IAE, disajikan *event* berupa fenomena mengenai sistem kesetimbangan gas  $N_2O_4$  dengan gas  $NO_2$ . Partisipan diminta untuk memahami fenomena tersebut, selanjutnya dilakukan sesi wawancara semi-terstruktur dengan berpedoman pada butir-butir pertanyaan yang terdapat dalam instrumen ini. Pertanyaan utama diberikan setelah mahasiswa menyimak ilustrasi fenomena yang ditayangkan. Apabila siswa tidak mampu menjawab pertanyaan utama dengan optimal maka diberikan beberapa pertanyaan *probing* yang terdiri dari *probing* umum dan *probing* khusus. Jika pertanyaan *probing* umum belum dijawab secara optimal, maka diberikan pertanyaan *probing* khusus.

### 3.4.1 Pengembangan Instrumen Penelitian

Proses pengembangan instrumen penelitian ini, diawali dengan analisis pendahuluan, meliputi:

#### a) Analisis Rencana Pembelajaran Semester (RPS)

Untuk mengetahui mata kuliah apa saja yang membahas materi kesetimbangan kimia dan untuk mengetahui capaian pembelajaran pada mata kuliah tersebut. Berdasarkan rencana pembelajaran semester (RPS) program studi Pendidikan Kimia, materi kesetimbangan kimia dipelajari oleh mahasiswa calon guru kimia di antaranya pada mata kuliah Kimia Dasar II, Kimia Fisika I, dan Kimia Sekolah II.

Berdasarkan informasi pada RPS, berikut adalah indikator capaian pembelajaran untuk setiap mata kuliah tersebut.

- Kimia Dasar II
  - Menjelaskan makna kesetimbangan dinamis dan tetapan kesetimbangan.
  - Menentukan tetapan kesetimbangan dari persamaan reaksi kimia dan hukum aksi massa.
  - Menjelaskan hubungan antara kesetimbangan kimia dan energi bebas Gibbs.
  - Menghitung tetapan dan atau komposisi zat dalam sistem kesetimbangan kimia pada berbagai keadaan.
- Kimia Fisika I
  - Mendeskripsikan kesetimbangan fasa dan sistem satu komponen serta sistem biner yang melibatkan uap.

- Kimia Sekolah II
  - Mengkonstruksi multi representasi konsep-konsep esensial pada materi Kesetimbangan Kimia.
  - Menganalisis konsep prasyarat, kesulitan dan miskonsepsi pada materi Kesetimbangan Kimia.
  - Membuat rumusan pertanyaan penelitian, masalah atau proyek yang sesuai dengan materi Kesetimbangan Kimia.

b) *Analisis Struktur Kurikulum Pendidikan Kimia*

Berdasarkan analisis struktur kurikulum, diperoleh informasi mengenai waktu pelaksanaan ketiga mata kuliah tersebut, yaitu: Kimia Dasar II (Semester 1), Kimia Fisika I (Semester 2), dan Kimia Sekolah II (Semester 6).

c) *Analisis Konten*

Analisis ketiga level representasi kimia melalui kajian pustaka dari beberapa buku teks *general chemistry* dan informasi lain yang berkaitan dengan konten kesetimbangan kimia.

Dengan mempertimbangkan analisis RPS dan struktur kurikulum, pengembangan instrumen penelitian ini mengacu pada indikator capaian pembelajaran mata kuliah Kimia Dasar II. Karena Kimia Dasar II merupakan mata kuliah dengan cakupan materi kimia yang paling dekat dengan jenjang SMA. Hal ini sesuai dengan sasaran subjek penelitian ini, yaitu mahasiswa calon guru kimia. Sebagai calon guru kimia, mahasiswa diharapkan memiliki pemahaman yang baik mengenai dasar-dasar ilmu kimia dan tentunya dapat menguasai materi kimia lainnya. Selain itu, mahasiswa tingkat I sampai IV juga sudah mempelajari Kimia Dasar II pada perkuliahan di semester 1. Selanjutnya, konsep kesetimbangan kimia yang dipelajari pada Kimia Dasar II, dijadikan sebagai acuan konsep untuk analisis konten.

Hasil dari analisis pendahuluan yang telah diperoleh, kemudian digunakan untuk menentukan indikator butir pertanyaan yang dikembangkan sesuai indikator capaian pembelajaran mata kuliah Kimia Dasar II. Selanjutnya, indikator butir pertanyaan dikembangkan menjadi beberapa rangkaian pertanyaan dan disusun hingga dihasilkan instrumen penelitian TDM-IAE yang berupa pedoman wawancara.

Pada instrumen ini juga dibuat ilustrasi gambar beberapa percobaan mengenai fenomena kesetimbangan kimia untuk menunjang tahap awal pemberian *event*.

Di bagian awal instrumen TDM-IAE, disajikan *event* berupa fenomena mengenai sistem kesetimbangan gas  $N_2O_4$  dengan gas  $NO_2$ . Berikut adalah pembagian fenomena di dalam instrumen ini.

**Fenomena 1:** disajikan empat buah percobaan sistem kesetimbangan gas  $N_2O_4$  dan gas  $NO_2$  dengan berbagai komposisi awal yang berbeda.

- Percobaan 1: campuran gas  $N_2O_4$  dan gas  $NO_2$  dengan komposisi setimbang.
- Percobaan 2: gas  $NO_2$  saja.
- Percobaan 3: gas  $N_2O_4$  saja.
- Percobaan 4: campuran gas  $N_2O_4$  dan gas  $NO_2$  bukan komposisi setimbang.

Ilustrasi gambar fenomena 1 untuk percobaan 1 dan 2 disajikan pada **Gambar 3.2a**, sedangkan untuk percobaan 3 dan 4 disajikan pada **Gambar 3.2b**.

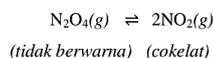
**Fenomena 2:** disajikan percobaan sistem kesetimbangan gas  $N_2O_4$  dan gas  $NO_2$  yang melibatkan isotop N-15.

- Percobaan 5: campuran gas  $N_2O_4$ , gas  $NO_2$ , dan gas  $^*NO_2$  (isotop N-15).

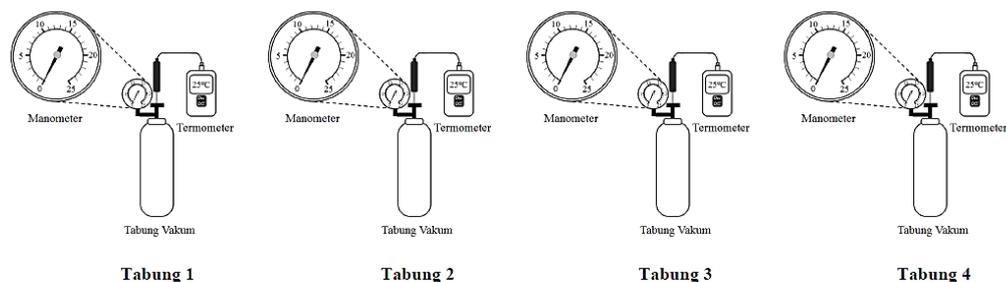
Ilustrasi gambar fenomena 2 untuk percobaan 5 disajikan pada **Gambar 3.3a**. Sedangkan uraian mengenai informasi FTIR untuk fenomena 2 disajikan pada **Gambar 3.3b**.

## FENOMENA 1

Fenomena ini melibatkan gas  $N_2O_4$  tidak berwarna dan gas  $NO_2$  berwarna cokelat. Pada suhu  $25^\circ C$ , gas  $N_2O_4$  dapat terurai menjadi gas  $NO_2$  membentuk suatu sistem kesetimbangan berdasarkan persamaan reaksi berikut.



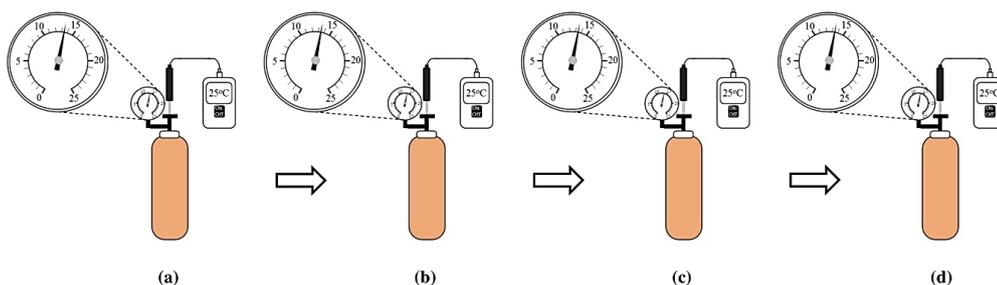
Pada percobaan ini, disiapkan empat buah tabung bervolume 1 L yang berada dalam keadaan vakum (tidak ada gas, tekanannya bernilai nol). Setiap tabung vakum dilengkapi dengan alat pengukur tekanan (manometer) dan pengukur suhu (termometer) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1. Keempat percobaan ini dilakukan pada suhu yang sama, yaitu  $25^\circ C$ .



Gambar 1.1 Set alat yang digunakan

### • Percobaan 1

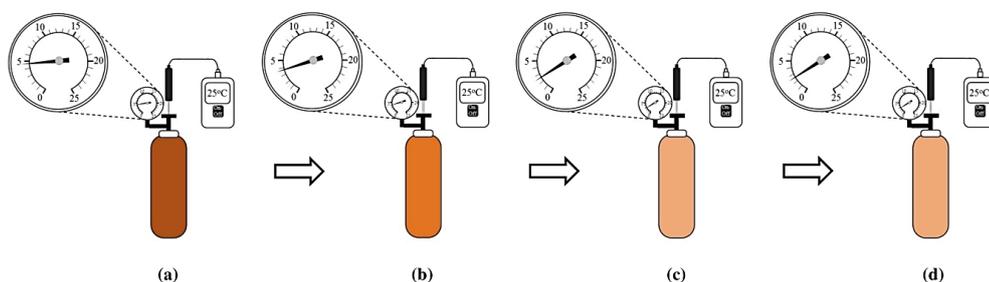
Tabung 1 diisi dengan campuran 0,0475 mol gas  $NO_2$  (berwarna cokelat) dan 0,4910 mol gas  $N_2O_4$  (tak berwarna). Ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu, dapat teramati keadaan pada tabung 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Keadaan pada tabung 1 ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu

### • Percobaan 2

Tabung 2 diisi dengan gas  $NO_2$  (berwarna cokelat) sebanyak 0,2000 mol. Ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu, dapat teramati keadaan pada tabung 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3.

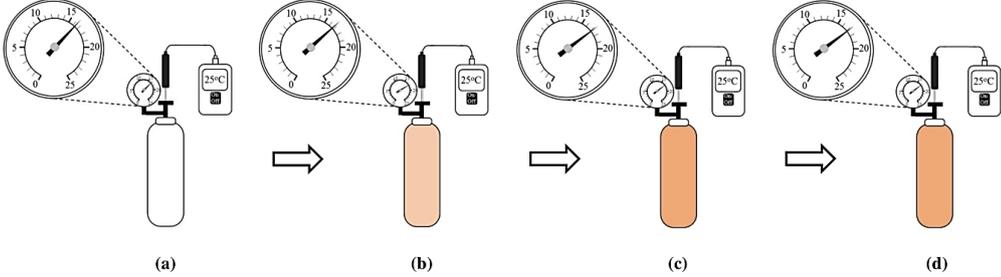


Gambar 1.3 Keadaan pada tabung 2 ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu

**Gambar 3.2a** Ilustrasi Gambar Fenomena 1 untuk Percobaan 1 dan 2

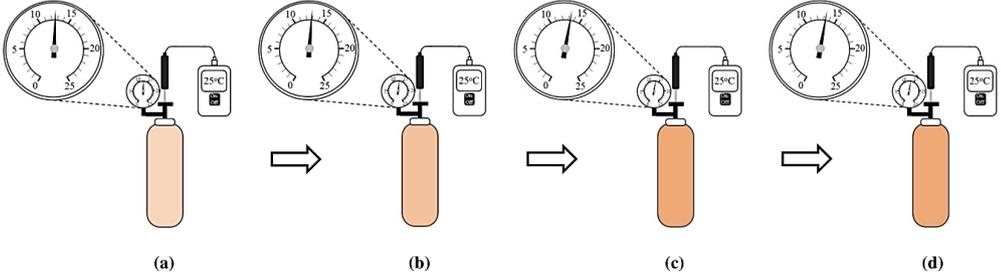
### FENOMENA 1

- Percobaan 3**  
 Tabung 3 diisi dengan gas  $N_2O_4$  (tidak berwarna) sebanyak 0,6700 mol. Ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu, dapat teramati keadaan pada tabung 3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Keadaan pada tabung 3 ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu

- Percobaan 4**  
 Tabung 4 diisi dengan campuran 0,0300 mol gas  $NO_2$  (berwarna coklat) dan 0,5000 mol gas  $N_2O_4$  (tak berwarna). Ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu, dapat teramati keadaan pada tabung 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Keadaan pada tabung 4 ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu

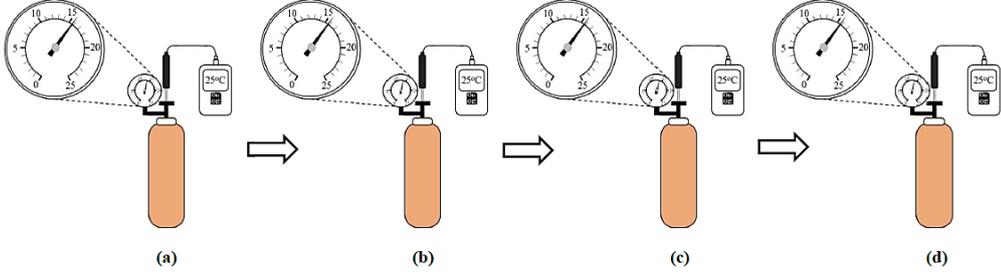
**Gambar 3.2b** Ilustrasi Gambar Fenomena 1 untuk Percobaan 3 dan 4

### FENOMENA 2

Pada percobaan ini disediakan sebuah tabung (dilabeli sebagai tabung 5) yang bervolume 1 L dalam keadaan vakum (tekanan nol). Percobaan ini dilakukan pada suhu  $25^\circ C$ . Ke dalam tabung 5 dimasukkan 0,5940 mol gas  $N_2O_4$  yang tidak berwarna dan 0,0523 mol gas berwarna coklat yang merupakan gas  $NO_2$  dengan  $^*NO_2$ . Ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu, dapat teramati keadaan pada tabung 5 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

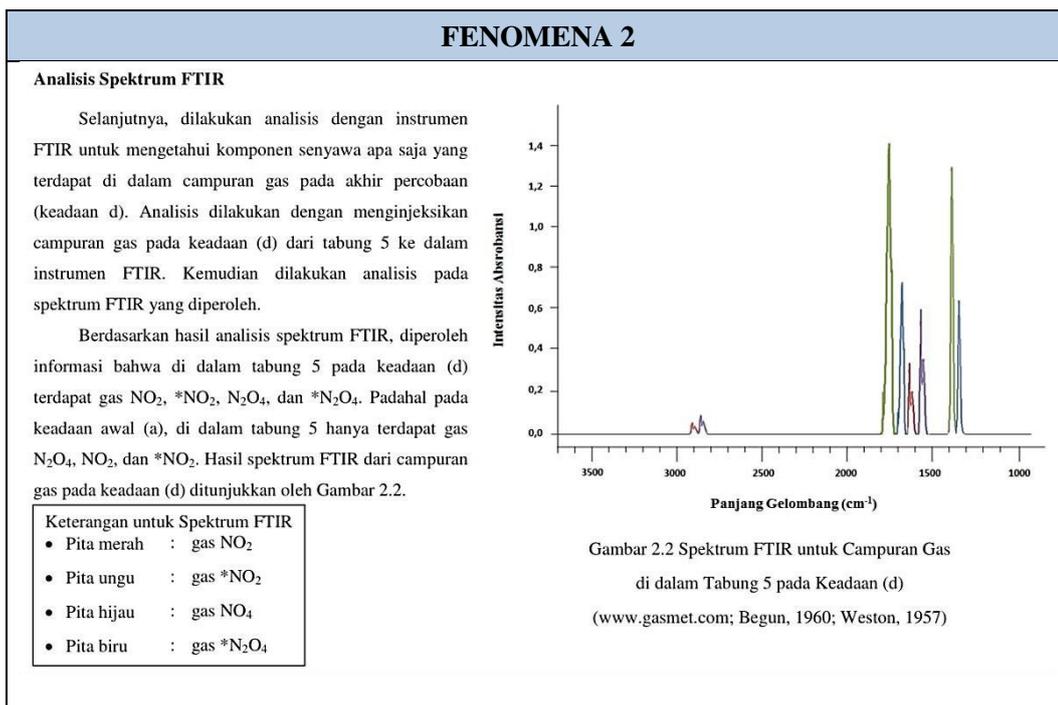
**Informasi Tambahan**

Jenis atom yang sama bisa memiliki beberapa isotop.  $^{15}N$  adalah salah satu isotop dari  $^{14}N$ . Keduanya memiliki nomor atom sama, tetapi nomor massa berbeda. Pada percobaan ini, agar lebih mudah membedakan  $^{14}N$  dan  $^{15}N$ , dalam penulisannya  $^{14}N$  dilambangkan dengan N dan  $^{15}N$  dilambangkan dengan  $^*N$ .



Gambar 2.1 Keadaan pada tabung 5 ketika dibiarkan seiring berjalannya waktu

**Gambar 3.3a** Ilustrasi Gambar Fenomena 2 untuk Percobaan 5



**Gambar 3.3b** Informasi Analisis FTIR untuk Fenomena 2

Instrumen TDM-IAE yang telah dibuat ini tidak langsung digunakan untuk penelitian, tetapi perlu divalidasi terlebih dahulu oleh beberapa dosen pendidikan kimia. Validasi instrumen akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

### 3.4.2 Validasi Instrumen

Instrumen TDM-IAE divalidasi oleh lima orang dosen pendidikan kimia yang ahli dalam bidang kimia dan evaluasi. Validasi instrumen penelitian ini terdiri dari lima bagian, yang akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

#### 3.4.2.1 Hasil Validasi Kesesuaian Indikator Butir Pertanyaan terhadap Indikator Capaian Pembelajaran

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan indikator butir pertanyaan sudah sesuai dengan indikator capaian pembelajaran untuk mata kuliah Kimia Dasar. Namun, perlu ada perbaikan dari segi urutan indikatornya dan ada penambahan indikator. Saran dari validator dan perubahan instrumen hasil validasi dijelaskan secara rinci pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Hasil Validasi Kesesuaian Indikator Butir Pertanyaan terhadap Indikator Capaian Pembelajaran

Saran dari Validator	Indikator		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<b>Dosen 2:</b> Sesuaikan indikator capaian pembelajaran dengan RPS kimia dasar terbaru.	1. Menjelaskan makna kesetimbangan dinamis dan tetapan kesetimbangan.	1. Menjelaskan makna kesetimbangan kimia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indikator capaian pembelajaran telah disesuaikan dengan RPS kimia dasar terbaru. Karena perubahan ini tidak mengubah konten isinya, tapi hanya mengubah penulisan dan urutan saja.</li> <li>Perubahannya adalah mengganti kata ‘dinamis’ pada indikator nomor 1, menjadi ‘kimia’. Selain itu, indikator “menjelaskan makna tetapan kesetimbangan kimia”, dipindahkan menjadi nomor 2 bergabung dengan indikator tentang tetapan kesetimbangan, sehingga lebih sesuai urutannya.</li> </ul>
	2. Menghitung tetapan dan atau komposisi zat dalam sistem kesetimbangan kimia pada berbagai keadaan.	2. Menjelaskan makna tetapan kesetimbangan dan menghitung nilai tetapan kesetimbangan serta komposisi zat pada keadaan setimbang dalam berbagai sistem kesetimbangan.	
<b>Dosen 4:</b> Indikatornya sudah valid. Namun, perhatikan cara menampilkan pertanyaannya.  <b>Dosen 2:</b> Lengkapi indikator dengan keterangan	1.1 Menjelaskan keberadaan spesi reaktan dan produk yang terlibat pada keadaan setimbang.	1.1 Menjelaskan keberadaan spesi pereaksi dan hasil reaksi yang terlibat pada keadaan setimbang (Fenomena 1 dan 2).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setiap indikator dilengkapi keterangan nomor fenomena dan percobaan. Karena ada indikator yang dikhususkan untuk percobaan tertentu. Oleh karena itu, perlu diberi keterangan agar lebih jelas indikator tersebut ditujukan untuk percobaan yang mana saja.</li> <li>Perubahan indikator butir pertanyaan ini sejalan dengan berubahnya indikator capaian pembelajaran. Indikator-indikator butir pertanyaannya di-tata-ulang dan diurutkan sesuai saran dari dosen validator.</li> </ul>

Saran dari Validator	Indikator		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
nomor fenomena dan percobaan. Perbaiki urutan indikator agar lebih runut: 1.2 → 1.4 1.4 → 2.3 2.2 → 2.4 2.3 → 2.2	1.2 Menjelaskan bahwa reaksi kesetimbangan dapat dicapai dari sisi reaktan, produk, maupun campuran reaktan dan produk.	1.4 Menjelaskan bahwa reaksi kesetimbangan dapat dicapai dari sisi pereaksi, hasil reaksi, maupun campuran pereaksi dan hasil reaksi (Fenomena 1: Percobaan 2, 3, dan 4).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hal ini bertujuan agar instrumen pedoman wawancaranya bisa lebih sistematis, sehingga bisa memudahkan mahasiswa dalam mengekspresikan model mentalnya. Apabila strukturnya tidak sistematis, dikhawatirkan akan mengganggu mahasiswa dalam mengungkapkan apa yang ada di pikirannya.</li> </ul>
	1.3 Menjelaskan sifat dinamis dari reaksi kesetimbangan kimia.	1.3 Menjelaskan sifat dinamis dari reaksi kesetimbangan kimia (Fenomena 2).	
	1.4 Menjelaskan makna tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ).	2.3 Menjelaskan makna tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ) (Fenomena 1).	
	2.1 Menghitung nilai tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ).	2.1 Menghitung nilai tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ) pada saat sudah tercapai kesetimbangan (Fenomena 1: Percobaan 1).	
	2.2 Menjelaskan hubungan kuosien reaksi ( $Q$ ) dan tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ) untuk memprediksi arah reaksi.	2.4 Menjelaskan hubungan kuosien reaksi ( $Q$ ) dan tetapan kesetimbangan kimia ( $K$ ) untuk memprediksi arah reaksi (Fenomena 1: Percobaan 4).	

Saran dari Validator	Indikator		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
	2.3 Menghitung konsentrasi reaktan dan produk saat keadaan setimbang berdasarkan data konsentrasi awal dan tetapan kesetimbangan kimia.	2.2 Menghitung konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi saat keadaan setimbang berdasarkan data konsentrasi awal dan tetapan kesetimbangan kimia (Fenomena 1: Percobaan 2, 3, dan 4).	
<b>Dosen 2:</b> Diperlukan indikator tambahan untuk ciri makro dari kesetimbangan kimia. Tidak bisa ada kalau hanya ada ciri submikro-nya saja (sifat dinamis), tetapi dua-duanya harus ada.	-	1.2 Mengidentifikasi jumlah spesi reaktan dan produk yang terlibat pada reaksi kesetimbangan (Fenomena 1 dan 2).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dengan mempertimbangkan saran dari validator, dilakukan penambahan indikator agar ciri makroskopik dan submikroskopik bisa beriringan. Karena tidak bisa dikatakan setimbang, apabila hanya dilihat dari satu ciri saja. Kedua ciri tersebut merupakan hal yang saling melengkapi satu sama lain dan tidak bisa diwakilkan oleh salah satu aspek saja.</li> <li>• Sejalan dengan penjelasan dosen validator berikut: “Kesetimbangan memiliki dua ciri, dari segi makro dan submikro. Pertama, secara makro itu jumlah setiap spesi baik pereaksi maupun hasil reaksinya konstan. Kemudian yang kedua secara submikro itu masih dinamis.”</li> </ul>

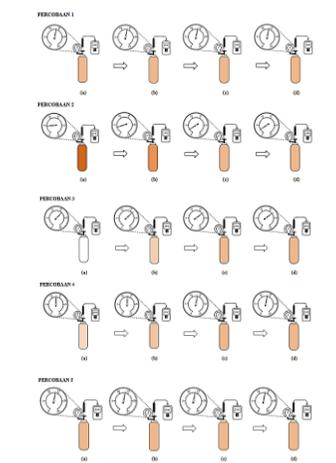
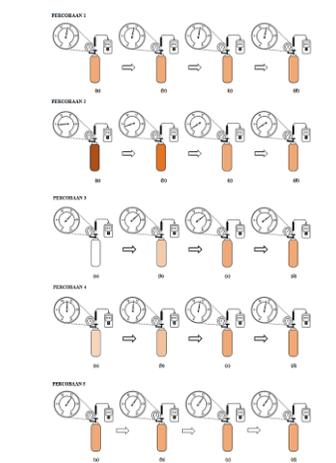
Saran dari Validator	Indikator		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 5:</b> Sebelum menghitung nilai <math>K</math> (indikator 2.1), sebaiknya ada satu indikator menganalisis data untuk menentukan <math>K</math>.</p>	-	-	<p>Indikator “menganalisis data untuk menentukan <math>K</math>” tidak dimuat ke dalam indikator butir pertanyaan, dengan pertimbangan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maksud dari indikator 2.1 itu sebelum menghitung nilai <math>K</math> diharapkan mahasiswa sudah mengetahui rumusan mencari nilai <math>K</math>-nya dari proses pembelajaran, terlepas itu mahasiswa mengingat rumusnya tepat atau tidak yang penting sudah pernah dipelajari. Kemudian nanti ke dalam rumusan <math>K</math> itu disubstitusikan angka konsentrasi yang diperoleh dari data mol setiap senyawa.</li> <li>• Sedangkan menurut pertimbangan peneliti, indikator menganalisis data untuk menentukan <math>K</math> cenderung lebih tepat jika dilakukan saat kegiatan pembelajaran. Karena bertujuan untuk menemukan konsep sendiri yang hasil akhirnya diperoleh rumusan <math>K</math> dan bisa diperoleh kesimpulan nilai <math>K</math> akan tetap pada suhu tetap.</li> <li>• Penelitian ini bertujuan untuk menggali pemahaman mahasiswa dalam memahami makna nilai <math>K</math>. Bukan untuk menggali kemampuan mahasiswa dalam menemukan rumusan <math>K</math> sendiri.</li> </ul>

Saran dari Validator	Indikator		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<b>Dosen 5:</b> Mengganti istilah reaktan dan produk menjadi pereaksi dan hasil reaksi, merujuk pada penggunaan istilah tersebut di kurikulum.	Awalnya semua yang tertulis di dalam instrumen ini menggunakan istilah reaktan dan produk.	Istilah reaktan telah diganti menjadi pereaksi, sedangkan istilah produk diganti menjadi hasil reaksi.	Keempat istilah tersebut merupakan kata yang terdaftar di dalam KBBI. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktan: pereaksi (kimia) seperti yang tertera dalam persamaan kimia.</li> <li>• Produk: hasil; hasil kerja.</li> <li>• Pereaksi: alat untuk mengadakan reaksi.</li> <li>• Hasil Reaksi: senyawa yang dibentuk oleh suatu reaksi kimia.</li> </ul> <p>Jika ditinjau dari artinya, istilah pereaksi dan hasil reaksi memiliki arti yang lebih spesifik pada konteks kimia. Sedangkan reaktan dan produk merupakan kata serapan, pengertiannya juga masih merujuk ke kata pereaksi dan hasil. Selain itu, buku teks kimia juga umumnya menggunakan istilah pereaksi dan hasil reaksi.</p>

### 3.4.2.2 Hasil Validasi Kesesuaian Pertanyaan Utama terhadap Indikator Butir Pertanyaan

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan pertanyaan yang dikembangkan sudah sesuai dengan indikator butir pertanyaan. Walaupun terdapat beberapa saran dari validator terkait penulisan dan cara penyajian pertanyaannya. Saran dari validator dan perubahan instrumen hasil validasi dijelaskan secara rinci pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Hasil Validasi Kesesuaian Pertanyaan Utama terhadap Indikator Butir Pertanyaan

Saran dari Validator	Pertanyaan Utama		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 5:</b> Perbaiki kalimat pada pertanyaan utama: “Reaksi kesetimbangan kimia memiliki sisi pereaksi dan hasil reaksi.”</p>	Berdasarkan fenomena 1, reaksi kesetimbangan kimia dapat dicapai dari sisi mana saja?	Reaksi kesetimbangan kimia memiliki sisi pereaksi dan hasil reaksi. Berdasarkan fenomena 1, dari sisi mana sajakah kesetimbangan kimia dapat dicapai?	Saran dari validator dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami pertanyaan utama. Karena tidak semua mahasiswa paham kata ‘sisi’ itu mengarah ke mana, sehingga memang diperlukan suatu pengantar awal agar siswa tahu maksud dari pertanyaannya.
<p><b>Dosen 4:</b> Gambar pada setiap fenomena perlu lebih diperjelas lagi, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna keadaan (b) dibuat seperti keadaan (a), agar terlihat berbeda dengan keadaan (c). Warna keadaan (a) lebih pudar satu <i>tone</i>.</li> <li>• Gambarnya dapat menunjukkan perbedaan waktu pada setiap keadaan, sehingga lebih terlihat proses perubahannya.</li> </ul>	<p>Gambar percobaan 1, 2, 3, 4, dan 5 yang terdapat di dalam instrumen sebelum divalidasi.</p> 	<p>Gambar percobaan 1, 2, 3, 4, dan 5 yang terdapat di dalam instrumen setelah divalidasi.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna gas pada setiap keadaan di percobaan 1 sampai 5 sudah diperbaiki sesuai dengan saran dari validator. Warna gas antara keadaan (a), (b), dan (c, d) dibuat lebih kontras, agar lebih terlihat perbedaan warnanya. Karena jika <i>tone</i> warna terlalu mirip, dikhawatirkan menimbulkan kebingungan pada mahasiswa dengan menganggap bahwa warnanya tetap.</li> <li>• Sementara itu, untuk memperjelas perbedaan waktu pada setiap keadaan sudah diwakili dengan simbol panah ke kanan sebagai pemisah tiap keadaan. Apabila ditambah pelengkap lain seperti jam, kemungkinan besar dapat mengecoh fokus mahasiswa dalam mengamati manometer, karena bentuk keduanya yang mirip.</li> </ul>

Saran dari Validator	Pertanyaan Utama		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 2:</b> Menurut saya akan lebih runut apabila pertanyaannya tidak diurutkan sesuai percobaan, tetapi diurutkan berdasarkan indikator. Sebaiknya mahasiswa juga diminta untuk menghitung konsentrasi reaktan dan produk saat setimbang, bukan hanya pada percobaan 4 saja, tetapi pada percobaan 1, 2, dan 3 juga.</p>	-	<p>Instrumen TDM-IAE dibuat menjadi dua tipe yang dibedakan berdasarkan urutan pertanyaannya, sedangkan dari segi kontennya masih sama.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tipe 1:</b> Pertanyaan diurutkan berdasarkan <i>percobaan</i>. Berurutan dari percobaan 1, 2, 3, 4, dan 5.</li> <li>• <b>Tipe 2:</b> Pertanyaan diurutkan berdasarkan <i>indikator</i>. Ada penambahan pertanyaan perhitungan konsentrasi setimbang untuk percobaan 2 dan 3.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saran yang diberikan validator ini perlu dipertimbangkan sebagai masukan untuk penyajian pertanyaannya. Namun, saran dari validator ini akan mengubah secara total penyajian pertanyaan dalam instrumen ini. Karena instrumen yang dibuat itu diurutkan berdasarkan percobaan (<b>Tipe 1</b>).</li> <li>• Sedangkan validator menyarankan untuk mengubah urutan pertanyaannya menjadi berdasarkan indikator, disusun dari 1.1 hingga 2.4. Misalkan untuk indikator 1.1 diselesaikan dulu semua percobaan. Baru dilanjutkan dengan indikator seterusnya hingga 2.4. Oleh karena itu, sebagai bahan perbandingan, saran ini dijadikan sebagai instrumen TDM-IAE <b>Tipe 2</b>.</li> <li>• Instrumen dibuat menjadi 2 tipe, karena peneliti ingin mengetahui urutan pertanyaan mana yang lebih mudah dipahami oleh mahasiswa selama sesi wawancara. Oleh karena itu, instrumen tipe 1 dan 2 ini diuji coba terbatas terlebih dahulu untuk mengetahui mana yang lebih efektif.</li> </ul>

### 3.4.2.3 Hasil Validasi Kesesuaian Pertanyaan *Probing* Umum terhadap Pertanyaan Utama

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan pertanyaan *probing* umum yang dikembangkan sudah sesuai dengan pertanyaan utama. Walaupun ada beberapa saran dari validator terkait perbaikan pertanyaan *probing* umum untuk gambar partikel dan perhitungan *K*. Saran dari validator dan perubahan instrumen hasil validasi dijelaskan secara rinci pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** Hasil Validasi Kesesuaian *Probing* Umum terhadap Pertanyaan Utama

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Umum		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 4 &amp; 5:</b> Penambahan keterangan gambar model molekul NO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada pertanyaan tentang penggambaran partikel.</p> <p><b>Dosen 4:</b> Perbaiki pertanyaannya menjadi: “Jika kita gambarkan molekul NO<sub>2</sub> seperti ini dan N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> seperti ini. Maka bagaimana gambaran partikelnya pada keadaan (a), (b), (c), dan (d)?”</p>	<p>Gambarkan partikel-partikel apa saja yang terdapat di dalam tabung 1/ 2/ 3/ 4/ 5 pada keadaan (a), (b), (c), dan (d)!</p>	<p>Jika molekul NO<sub>2</sub> dan molekul N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> digambarkan dengan pemodelan sebagai berikut.</p> <p> = molekul NO<sub>2</sub></p> <p> = molekul N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></p> <p> = molekul *NO<sub>2</sub></p> <p> = molekul *N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></p> <p>Bagaimana gambaran partikel-partikel yang terdapat di dalam tabung 1/ 2/ 3/ 4/ 5 pada keadaan (a), (b), (c), dan (d)?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemberian contoh model molekul ini adalah bentuk arahan untuk membuat gambaran keadaan partikel. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan adanya mahasiswa yang tidak mampu membuat gambar keadaan partikel, karena lupa atau tidak tahu cara menggambarkan molekul NO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> seperti apa.</li> <li>• Penulisan kalimat <i>probing</i> umum diperbaiki sesuai dengan saran dari validator. Penambahan keterangan gambar model molekul ini dilakukan untuk mengarahkan mahasiswa dalam menggambarkan keadaan partikel pada setiap keadaan. Karena pertanyaan ini diberikan untuk menggali model mental bukan untuk menguji mahasiswa.</li> </ul>

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Umum		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 5:</b>            Tambahkan pertanyaan <i>probing</i> untuk meminta siswa menjelaskan “Mengapa modelnya digambarkan seperti itu”.            “Sebutkan partikel apa saja yang terdapat di dalam tabung pada keadaan (a), (b), (c), dan (d).”</p>		Berikan penjelasan dari gambaran partikel yang telah Anda buat!	Penambahan pertanyaan “Berikan penjelasan dari gambaran partikel yang telah Anda buat!” ini bertujuan agar mahasiswa bisa menjelaskan maksud dari gambar yang telah dibuatnya. Kemudian selama menjelaskan ini mahasiswa juga diminta menyebutkan partikel apa saja yang terdapat di dalamnya, beserta alasan mengapa keadaan partikelnya digambar secara demikian.
<p><b>Dosen 2:</b>            Soal setiap indikator sebaiknya berlaku untuk semua percobaan, termasuk perhitungan <math>K</math> juga perlu dihitung untuk semua percobaan.</p> <p><b>Dosen 4:</b>            Sebaiknya menghitung <math>K</math> ini hanya dari satu percobaan saja, tapi kita pastikan siswanya itu betul.</p>	Berdasarkan persamaan reaksi yang telah Anda tulis pada bagian sebelumnya, hitunglah $Q_c$ dan $K_c$ untuk reaksi pada percobaan 1!	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dari kedua saran validator yang berbeda ini, peneliti mengikuti saran bahwa perhitungan <math>K</math> dilakukan hanya dari percobaan 1 saja. Karena maksud dari pertanyaan ini untuk menggali kemampuan mahasiswa dalam memahami makna nilai <math>K</math>. Dari satu nilai <math>K</math> saja, diharapkan dapat menggali pemahaman konsep bahwa nilai <math>K</math> hanya dipengaruhi suhu, nilai <math>K</math> bisa digunakan untuk memperkirakan komposisi setimbang, dan memprediksi arah reaksi.</li> <li>Apabila diminta menghitung <math>K</math> dari semua percobaan, ini lebih tepat jika dilakukan selama pembelajaran menemukan konsep bahwa nilai <math>K</math> hanya dipengaruhi suhu. Selain itu, untuk menghitung <math>K</math> setiap percobaan, berarti mahasiswa harus menghitung dulu konsentrasi</li> </ul>

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Umum		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
Kalau salah secara matematis, kita bisa beri kesempatan siswa untuk memperbaikinya.			setimbang untuk setiap percobaan. Yang mana ini bisa menghabiskan banyak waktu dan fokus utama untuk menggali konsep <i>K</i> -nya menjadi terabaikan.
<b>Dosen 5:</b> Pada pertanyaan grafik, ditambahkan penjelasan mengapa laju pengurangan konsentrasi NO <sub>2</sub> lebih tinggi dibanding dengan pembentukan N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ?	-	Ditambahkan soal khusus untuk laju reaksi. Berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu yang telah Anda buat, bagaimana laju reaksi gas-gas yang terdapat di dalam tabung 2 sebelum dan setelah keadaan kesetimbangan tercapai?	Pada instrumen sebelum revisi, pertanyaan laju reaksi ini terintegrasi dengan pertanyaan hubungan tekanan dengan konsentrasi. Namun, dikhawatirkan penjelasan mahasiswa tidak sampai ke arah laju. Jadi, ditambahkan pertanyaan khusus untuk laju reaksi yang berdasarkan pada grafik konsentrasi terhadap waktu. Mahasiswa diminta untuk menjelaskan laju gas NO <sub>2</sub> dan N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> yang berbeda saat sebelum setimbang dan laju yang sama saat setimbang.

#### 3.4.2.4 Hasil Validasi Kesesuaian Pertanyaan *Probing* Khusus terhadap *Probing* Umum

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan pertanyaan *probing* khusus yang dikembangkan sudah sesuai dengan pertanyaan *probing* umum. Ada beberapa saran dari validator terkait penyusunan pertanyaan agar lebih komprehensif untuk setiap proses, perbaikan kalimat pertanyaan, penambahan dan pengurangan pertanyaan *probing*. Saran dari validator dan perubahan instrumen hasil validasi dijelaskan secara rinci pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Hasil Validasi Kesesuaian *Probing* Khusus terhadap *Probing* Umum

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Khusus		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 4:</b> Sebaiknya ditanyakan satu per satu, tidak langsung keadaan (a) sampai (d). Bisa menanyakan kondisi (a) ke (b), bagaimana perubahannya dilihat dari warna dan tekanan. Tanyakan arti dari perubahan tersebut. Bagaimana dengan konsentrasi gasnya. Apabila sudah selesai satu proses (a) ke (b), baru tanyakan proses dari (b) ke (c), lalu (c) ke (d).</p>	<p>Bagaimana intensitas warna dan tekanan gas di dalam tabung 1/2/3/4 dari keadaan (a), (b), (c), hingga (d)? Hubungkan dengan konsentrasi gas.</p>	<p><b><i>Probing</i> Umum:</b> Bagaimana hubungan antara intensitas warna dan tekanan terhadap konsentrasi setiap gas di dalam tabung 1/ 2 / 3/ 4 dari keadaan (a) ke (b)? ... (b) ke (c)? ... (c) ke (d)?</p> <p><b><i>Probing</i> Khusus untuk Keadaan (a) ke (b)</b> [Catatan: rangkaian pertanyaan <i>probing</i> khusus ini juga serupa dengan keadaan (b) ke (c) dan keadaan (c) ke (d).]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apa warna gas di dalam tabung X pada keadaan awal (a)?</li> <li>• Apa saja gas yang terdapat di dalam tabung X pada keadaan (a)?</li> <li>• Bagaimana intensitas warna dan tekanan gas di dalam tabung X dari keadaan (a) ke (b)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saran dari validator dijadikan bahan penyusunan ulang pertanyaan. Karena saran ini menjadikan pertanyaan lebih sistematis, sehingga diharapkan bisa memudahkan proses wawancara.</li> <li>• Jadi pertanyaan dibuat lebih komprehensif untuk satu proses dahulu misalnya (a) ke (b), setelah selesai satu proses, baru ditanyakan proses dari (b ke c) dan (c ke d).</li> </ul>

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Khusus		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<b>Dosen 4:</b> Pertanyaan ini sebenarnya sudah cukup. Hanya perlu ada tambahan “Berasal dari mana gas N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -nya?”	Bagaimana pengaruh berkurangnya konsentrasi gas NO <sub>2</sub> terhadap konsentrasi gas N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> di dalam tabung 2 dari keadaan (a), (b), (c), hingga (d)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apa saja gas yang terdapat di dalam tabung X pada keadaan (b)?</li> <li>• Berasal dari mana gas N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ gas NO<sub>2</sub> pada keadaan (b)?/</li> <li>• Apa ciri yang menandakan bahwa NO<sub>2</sub> berubah menjadi N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> / N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menjadi NO<sub>2</sub>?</li> <li>• Mengapa intensitas warna cokelat gas di dalam tabung X dari keadaan (a) ke (b) semakin menurun?</li> </ul>	Saran pertanyaan tambahan “Berasal dari mana gas N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -nya?” dijadikan sebagai pertanyaan <i>probing</i> khusus.
<b>Dosen 5:</b> Di-elaborasi juga pertanyaan <i>probing</i> untuk memandu siswa memahami bahwa pembentukan 1 molekul N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> memerlukan 2 molekul NO <sub>2</sub> .	Apa saja gas yang terdapat di dalam tabung 1/ 2 / 3/ 4 pada setiap keadaan (a), (b), (c), dan (d)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagaimana perubahan konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dan gas N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> di dalam tabung X dari keadaan (a) ke (b)?</li> <li>• Mengapa tekanan di dalam tabung X dari keadaan (a) ke (b) semakin menurun/menaik meskipun reaksi dilakukan dalam tabung tertutup?</li> </ul>	Pertanyaan tentang gas yang terdapat di dalam setiap keadaan ini dijadikan sebagai <i>probing</i> khusus. Ditambahkan lagi beberapa <i>probing</i> khusus untuk menggali pemahaman mahasiswa bahwa 2 molekul NO <sub>2</sub> dapat membentuk 1 molekul N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dan 1 molekul N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dapat terurai menjadi 2 molekul NO <sub>2</sub> .
<b>Dosen 4:</b> Rangkaian pertanyaan tentang persamaan reaksi ini sebaiknya hanya ditanyakan pada	Apakah terjadi reaksi di dalam tabung 2? Jika ada, tuliskan persamaan reaksi yang terjadi	Pertanyaan <i>probing</i> umum dan khusus tentang persamaan reaksi hanya untuk percobaan 1 saja.	Sesuai dengan saran dari validator, pertanyaan persamaan reaksi untuk percobaan 2, 3, dan 4 dihilangkan. Rangkaian pertanyaan tentang persamaan reaksi ini hanya pada percobaan 1 saja. Namun, pertanyaan persamaan reaksi ini tetap ditanyakan pada pertanyaan utama, hanya

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Khusus		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
percobaan 1 saja. Karena hanya mengulang-ngulang dan bukan merupakan konsep kesetimbangan.	beserta penjelasan makna dari persamaan reaksi tersebut!		tidak ditanya lebih lanjut dengan <i>probing</i> karena hanya mengulang pertanyaan yang serupa saja dan bukan merupakan konsep inti dari kesetimbangan.
<b>Dosen 4:</b> Saat membuat grafik ini, bisa diarahkan untuk mempertimbangkan nilai $K$ .	Bagaimana grafik perubahan konsentrasi gas-gas dalam tabung 2 terhadap waktu ?	<b><i>Probing Umum:</i></b> Berdasarkan percobaan 2, bagaimana grafik konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi pada tabung 2 seiring dengan berjalannya waktu? Tunjukkan kapan keadaan kesetimbangan tercapai!	Saran dari validator dijadikan sebagai pertanyaan <i>probing</i> khusus. Pada saat membuat grafik ini, apabila mahasiswa kesulitan menggambar grafik atau grafik yang telah dibuat tidak sesuai, diberi arahan untuk mempertimbangkan nilai $K$ .
<b>Dosen 5:</b> Rumusan pertanyaan <i>probing</i> untuk grafiknya diperluas.	Apakah besar perubahan konsentrasi gas $\text{NO}_2$ dan gas $\text{N}_2\text{O}_4$ sama?	<b><i>Probing Khusus:</i></b> Bagaimana perbandingan konsentrasi gas $\text{NO}_2$ dan gas $\text{N}_2\text{O}_4$ di dalam tabung 2 setelah konsentrasinya tetap? (Pertimbangkan nilai $K_c$ )	Sesuai dengan saran validator, pertanyaan “Apakah besar perubahan konsentrasi gas $\text{NO}_2$ dan gas $\text{N}_2\text{O}_4$ sama?” diubah menjadi “Bagaimana perbandingan perubahan konsentrasi gas $\text{NO}_2$ dan gas $\text{N}_2\text{O}_4$ di dalam tabung 4?”
<b>Dosen 5:</b> Tambahkan pertanyaan <i>probing</i> : Mengapa menggambarkan grafiknya seperti itu?	-	Buatlah grafik perubahan konsentrasi gas-gas di dalam tabung 1/2/3/4 terhadap waktu! Berikan penjelasan dari grafik yang telah Anda buat!	Sesuai dengan saran validator, ditambahkan pertanyaan <i>probing</i> khusus “Berikan penjelasan dari grafik yang telah Anda buat!”. Mahasiswa diminta menjelaskan alasan mengapa ia membuat grafik yang demikian.

Saran dari Validator	Pertanyaan <i>Probing</i> Khusus		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 2:</b> Menghitung dengan rumus abc bukan termasuk kompetensi kimia. Rumus abc juga bukan konsep kimia. Untuk menghitung <math>x_1</math> dan <math>x_2</math> bisa menggunakan kalkulator atau aplikasi.</p>	<p>Berapa nilai <math>x</math> dalam persamaan tersebut? Gunakan rumus berikut:</p> $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	<p>Tentukan nilai <math>x</math> pada persamaan tersebut! Catatan: untuk menghitung <math>x_1</math> dan <math>x_2</math> dari persamaan kuadrat, gunakan media “Kalkulator Persamaan Kuadrat” yang bisa diakses melalui tautan berikut. <a href="https://calculator-online.net/id/quadratic-formula-calculator/">https://calculator-online.net/id/quadratic-formula-calculator/</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk menentukan konsentrasi gas saat setimbang, dilakukan perhitungan yang melibatkan operasi matematika yang cukup rumit. Penggunaan “Kalkulator Persamaan Kuadrat” ini diharapkan bisa lebih efektif dari segi waktu pengerjaan dan meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan. Mahasiswa tidak perlu menghitung manual dengan rumus abc untuk mencari nilai <math>x_1</math> dan <math>x_2</math>.</li> <li>• Karena penelitian ini bertujuan untuk menggali pemahaman mahasiswa dalam menghitung konsentrasi saat setimbang. Rumus abc itu hanya jalan matematis untuk memperoleh angka dari persamaan kuadrat. Jadi, jangan sampai karena tidak mampu menghitung rumus abc, diambil kesimpulan bahwa mahasiswa tersebut tidak mampu menghitung konsentrasi setimbang.</li> </ul>

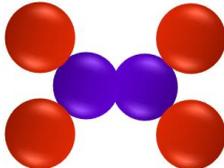
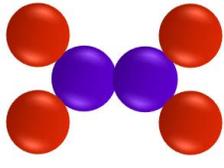
### 3.4.2.5 Hasil Validasi Kesesuaian Jawaban yang diharapkan terhadap Pertanyaan *Probing* Khusus

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan jawaban yang diharapkan sudah sesuai dengan pertanyaan *probing* khusus. Walaupun ada beberapa saran dari validator perbaikan kalimat jawaban dan juga saran untuk penambahan kriteria jawaban gambar partikel. Saran dari validator dan perubahan instrumen hasil validasi dijelaskan secara rinci pada **Tabel 3.7**.

Tabel 3.7 Hasil Validasi Kesesuaian Jawaban terhadap *Probing* Khusus

Saran dari Validator	Jawaban yang diharapkan		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<p><b>Dosen 5:</b> Dicek kembali notasi penulisan panah ganda yang disepakati apakah panah ganda tidak penuh atau harus penuh.</p>	$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$	$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$ <i>(tidak berwarna) (cokelat)</i>	<p>Notasi panah ganda untuk kesetimbangan adalah panah ganda setengah penuh (<math>\rightleftharpoons</math>). Telak dilakukan pengecekan pada ketentuan IUPAC <i>Green Book</i> Edisi Ketiga (Cohen, dkk., 2007, hlm. 52) dan beberapa buku teks kimia.</p>
<p><b>Dosen 4:</b> Di bagian bawah senyawa pada persamaan reaksinya diberi keterangan warna gas <math>\text{NO}_2</math> dan <math>\text{N}_2\text{O}_4</math>.</p>			<p>Sesuai dengan saran dari validator, pada bagian bawah persamaan reaksi diberi keterangan warna. Bertujuan untuk memastikan pada reaksi ini mana yang berwarna dan mana yang tidak berwarna. Karena rumus kimia <math>\text{NO}_2</math> dan <math>\text{N}_2\text{O}_4</math> itu mirip, sehingga kemungkinan besar warnanya bisa tertukar.</p>
<p><b>Dosen 5:</b> Perbaiki kalimat pertama pada bagian jawaban untuk pertanyaan menjadi: "Reaksi berlangsung dua arah, yaitu..."</p>	<p>Pada tabung 1, reaksi berlangsung pada dua arah ...</p>	<p>Pada tabung 1, reaksi berlangsung dua arah ...</p>	<p>Penulisan sudah disesuaikan dengan saran dari validator.</p>

Saran dari Validator	Jawaban yang diharapkan		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
<b>Dosen 5:</b> Sebaiknya sertakan satuan konsentrasinya pada perhitungan $K_c$ .	$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$ $K_c = \frac{[0,0475]^2}{[0,4910]}$ $K_c = \frac{0,00226}{0,4910}$ $K_c = 0,0046$ $K_c = 4,6 \times 10^{-3}$	$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$ $K_c = \frac{[0,0475 \text{ M}]^2}{[0,4910 \text{ M}]}$ $K_c = \frac{0,00226 \text{ M}^2}{0,4910 \text{ M}}$ $K_c = 0,0046 \text{ M}$ $K_c = 4,6 \times 10^{-3} \text{ M}$	Perhitungan $K_c$ sudah ditulis dengan satuannya, sesuai dengan saran dari validator.
Silahkan dicari ungkapan yang lebih tepat untuk kalimat “Ketika intensitas warna bernilai tetap”. Khususnya kata bernilai, karena nilainya sudah terwakili oleh intensitas.	Ketika intensitas warna bernilai tetap pada keadaan (c) dan (d), berarti konsentrasi gas $\text{NO}_2$ juga bernilai tetap.	Pada keadaan (c) ke (d) tidak terjadi perubahan warna lagi, sehingga intensitas warna cokelat dari gas di dalam tabung 2 tetap.	Penulisan sudah disesuaikan dengan saran dari validator.
<b>Dosen 5:</b> Mengomentari jawaban untuk pertanyaan: “Apa perbedaan antara nilai $Q_c$ dan $K_c$ ?” $Q_c$ menyatakan	Nilai $Q_c$ dapat dicari pada setiap keadaan. Kuosien reaksi ( $Q_c$ ) memiliki bentuk yang sama dengan konstanta	Kuosien reaksi ( $Q_c$ ) menyatakan perbandingan konsentrasi peraksi dan hasil reaksi bukan pada keadaan	Jawaban untuk perbedaan $Q_c$ dan $K_c$ diperbaiki sesuai dengan saran dari validator.

Saran dari Validator	Jawaban yang diharapkan		Pertimbangan Peneliti
	Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
perbandingan konsentrasi peraksi dan hasil reaksi bukan pada keadaan setimbang.	kesetimbangan ( $K_c$ ), tetapi baik pembilang atau penyebut, keduanya bukan merupakan konsentrasi saat setimbang.	setimbang. Nilai $Q_c$ dapat dicari pada setiap keadaan. Sedangkan $K_c$ hanya untuk keadaan setimbang saja.	
<b>Dosen 5</b> Apakah dalam pemodelan ini rasio perbandingan ukuran molekul diabaikan?	Gambar sebelum validasi, ukuran atom N sedikit lebih kecil dibandingkan dengan atom O. 	Gambar setelah validasi, ukuran atom N sedikit lebih besar dibandingkan dengan atom O. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saran ini digunakan sebagai bahan perbaikan gambar partikel untuk semua percobaan. Untuk gambar partikel sebelum validasi, peneliti menentukan ukuran atom hanya dari Mr saja, tanpa sengaja mengabaikan pengaruh gaya tarik inti. Berdasarkan kajian literatur diketahui bahwa jari-jari atom N = 0,75 Å dan jari-jari atom O = 0,73 Å, sehingga seharusnya ukuran atom N &gt; O (Whitten, 2014, hlm. 178).</li> <li>Sebenarnya akan lebih baik jika ukuran atom N dan O-nya dijadikan sebagai kriteria pemodelan gambar. Namun, karena ukurannya hanya berbeda 0,02 Å saja, perbedaan itu menjadi sulit untuk terlihat.</li> <li>Apalagi proses menggambar dilakukan secara manual dengan waktu terbatas juga, sehingga ukuran partikel ini akan sulit untuk seragam. Oleh karena itu, kriteria jawaban untuk gambar partikel ini berfokus pada keberadaan partikel dan jumlah spesinya (Indikator 1.1 dan 1.2).</li> </ul>

Instrumen TDM-IAE yang telah divalidasi ini, perlu direvisi terlebih dahulu berdasarkan saran-saran perbaikan dari validator. Setelah dilakukan perbaikan, instrumen tersebut divalidasi kembali oleh dua orang dosen kimia. Jika instrumen hasil validasi yang telah direvisi tersebut sudah dinyatakan valid, maka instrumen ini diuji coba terbatas kepada beberapa orang mahasiswa untuk mengetahui jika pertanyaan-pertanyaan yang telah dikembangkan pada instrumen TDM-IAE dapat dipahami atau tidak.

### 3.4.3 Uji Coba Terbatas Instrumen TDM-IAE

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada hasil validasi di **Tabel 3.4**, instrumen TDM-IAE hasil validasi ini dibuat menjadi dua tipe, yaitu Tipe 1 dan Tipe 2. Keduanya hanya berbeda dari segi urutan penyajian pertanyaannya saja, tetapi konten pertanyaannya masih sama. Instrumen Tipe 1 dan Tipe 2 diuji coba ke masing-masing satu orang mahasiswa. Tujuan dari uji coba terbatas ini untuk mengetahui urutan pertanyaan mana yang lebih mudah dipahami oleh mahasiswa selama sesi wawancara dan untuk memastikan apakah pertanyaan yang diberikan sudah bisa dipahami.

Berdasarkan hasil uji coba instrumen TDM-IAE, diperoleh informasi bahwa instrumen yang lebih efektif adalah instrumen tipe 1, yang pertanyaannya diurutkan berdasarkan percobaan. Mahasiswa lebih nyaman dengan alur pertanyaan yang difokuskan untuk satu percobaan dahulu, baru dilanjutkan dengan percobaan lain. Kemudian pertanyaan menghitung konsentrasi setimbang hanya ditujukan untuk percobaan 4 saja, karena mempertimbangkan lamanya waktu wawancara. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa dapat memahami maksud dari pertanyaan-pertanyaan di dalam instrumen TDM-IAE dan ilustrasi gambar juga dapat dipahami dengan baik.

Ada satu pertanyaan tambahan yang ditanyakan saat wawancara, yaitu “Berdasarkan fenomena 1 dan 2, kapan sifat dinamis dari kesetimbangan kimia itu muncul? Dari sebelum kesetimbangan atau setelah kesetimbangan tercapai?”. Pertanyaan ini ditambahkan ke pedoman wawancara sebagai pertanyaan *probing* khusus, untuk pertanyaan makna sifat dinamis dari kesetimbangan kimia. Instrumen TDM-IAE yang telah diuji coba akan digunakan untuk pelaksanaan tes diagnostik model mental *interview-about-event* (TDM-IAE).

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur dengan menggunakan instrumen TDM-IAE. Peneliti menanyakan rangkaian pertanyaan yang sudah terstruktur, kemudian dari setiap jawaban yang diberikan, diminta keterangan lebih lanjut melalui pertanyaan *probing* yang disesuaikan dengan jawaban mahasiswa, sehingga pemahamannya bisa digali secara lebih mendalam.

Wawancara dilakukan secara perorangan kepada 12 orang mahasiswa calon guru yang terdiri dari mahasiswa tingkat I sampai IV. Pada setiap angkatan dipilih tiga orang mahasiswa yang terdiri dari mahasiswa kemampuan tinggi, sedang, dan rendah. Adapun semua mahasiswa ini telah memenuhi prasyarat, yaitu telah mempelajari materi kesetimbangan kimia dan telah mengontrak mata kuliah Kimia Dasar 2.

Pelaksanaan wawancara dilakukan secara daring (*online*) melalui media *Zoom Meeting*. Seluruh proses wawancara didokumentasikan melalui fitur *record meeting* pada aplikasi *Zoom* dan juga dengan menggunakan alat perekam. Pelaksanaan wawancara dibagi menjadi beberapa sesi pertemuan, dengan mempertimbangkan jumlah pertanyaan yang banyak dan waktu untuk menjawab setiap pertanyaan yang fleksibel, sehingga lamanya wawancara bervariasi untuk setiap mahasiswa tergantung dari jawaban yang diberikan. Apabila tetap dilaksanakan dalam satu pertemuan, dikhawatirkan mahasiswa sudah tidak fokus karena waktu wawancara yang terlalu lama.

Sebelum wawancara dimulai, peneliti melakukan pendekatan terlebih dahulu agar membuat kondisi mahasiswa lebih nyaman dan rileks. Bisa dimulai dari obrolan ringan untuk menciptakan suasana yang lebih akrab. Kemudian mahasiswa diberi sedikit gambaran dan beberapa hal penting terkait teknis pelaksanaan wawancaranya. Sesi pendahuluan ini bertujuan agar selama wawancara nanti mahasiswa bisa lebih terbuka, sehingga diharapkan dapat memberi jawaban yang optimal. Selain itu, sebelum wawancara mahasiswa juga diminta untuk menyiapkan alat tulis dan kertas untuk menjawab pertanyaan tertentu. Nantinya hasil jawaban yang dibuat secara tertulis ini, dikirimkan ke peneliti dalam bentuk foto melalui pesan *Whatsapp*.

Proses wawancara diawali dengan menayangkan *event* berupa fenomena kesetimbangan kimia melalui media *Microsoft Power Point*. Fenomena ini disajikan dalam bentuk ilustrasi gambar dua dimensi. Seperti yang telah ditunjukkan sebelumnya pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**, ada dua fenomena di dalam instrumen ini, keduanya sama-sama merupakan sistem kesetimbangan gas  $N_2O_4$  dan  $NO_2$ , hanya berbeda dari komposisi awal senyawa (Fenomena 1) dan ada yang melibatkan isotop N-15 (Fenomena 2). Selama mengamati fenomena, mahasiswa diminta untuk mencatat informasi penting yang diperolehnya sebagai hasil pengamatan. Walaupun sebenarnya nanti ketika wawancara berlangsung juga mahasiswa diperkenankan untuk melihat kembali tayangan fenomena.

Wawancara dilakukan secara bertahap, pelaksanaannya diselesaikan terlebih dahulu serangkaian pertanyaan untuk fenomena 1, kemudian dilanjutkan dengan fenomena 2. Setelah selesai mengamati fenomena, partisipan diberi beberapa pertanyaan yang berhubungan dengan setiap percobaan yang ada di dalam fenomena tersebut. Diawali dengan pertanyaan utama yang ditanyakan tepat setelah selesai mengamati fenomena. Pertanyaan utama berisi lebih dari satu pertanyaan dan partisipan diminta untuk melengkapi jawaban mereka dengan gambaran partikel dan grafik untuk setiap percobaan. Partisipan diberi keleluasaan dalam menjawab pertanyaan utama ini sesuai pemahaman masing-masing dan tidak dibatasi waktu. Jika jawaban dari pertanyaan utama ini belum optimal atau belum jelas, maka diajukan beberapa pertanyaan *probing* untuk menggali jawaban mahasiswa.

Pemberian pertanyaan *probing* ini bersifat fleksibel, mengikuti alur jawaban yang diberikan, jadi tidak harus sesuai dengan urutan pada pedoman TDM-IAE. Bahkan peneliti juga diperkenankan untuk menanyakan pertanyaan *probing* selain yang tertulis pada pedoman wawancara. Namun, peneliti harus tetap teliti dalam memastikan bahwa setiap poin yang ditanyakan tidak ada yang terlewat.

### 3.6 Teknik Analisis Data

Dari hasil wawancara diperoleh jawaban mahasiswa terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Data hasil wawancara yang dianalisis meliputi empat bagian analisis data, yaitu:

#### 1. Transkripsi Wawancara

Pada tahap transkripsi, data hasil wawancara yang berupa rekaman suara, diubah menjadi tulisan dalam bentuk percakapan tanya jawab antara peneliti dengan mahasiswa. Hasil transkripsi juga dilengkapi dengan jawaban mahasiswa yang ditulis tangan selama proses wawancara berlangsung, seperti dalam bentuk gambar partikel, grafik, dan beberapa jawaban pendukung lainnya.

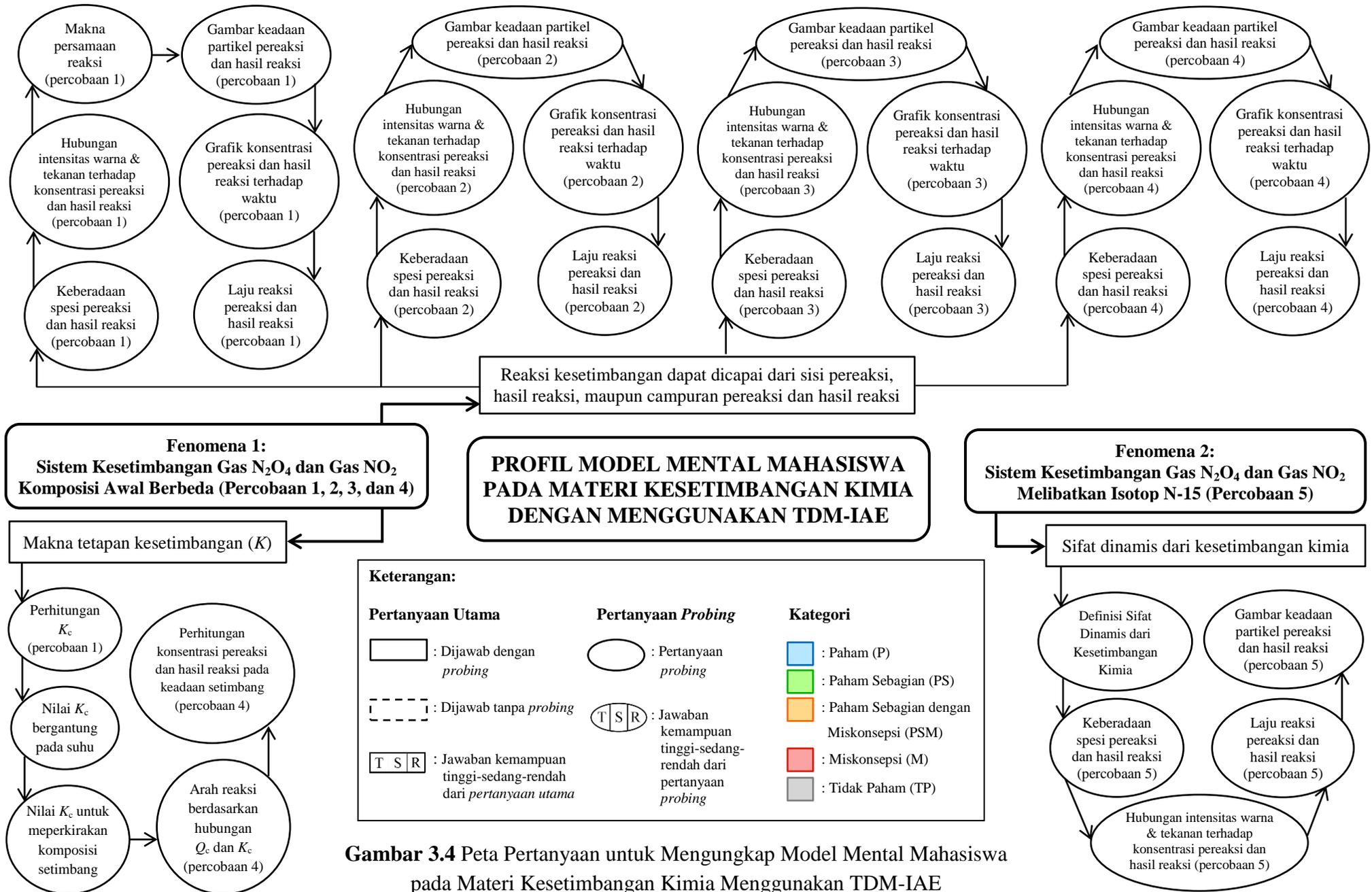
#### 2. Interpretasi

Jawaban partisipan yang telah ditranskripsi kemudian diinterpretasi oleh peneliti. Interpretasi adalah proses penyederhanaan dan penghalusan teks, tanpa mengubah makna dari jawaban.

#### 3. Penggambaran Profil Model Mental

Hasil interpretasi jawaban setiap mahasiswa diterapkan ke dalam peta pertanyaan yang ditunjukkan pada **Gambar 3.4**, sehingga dapat menggambarkan suatu profil model mental. Peta pertanyaan ini digambarkan dengan menggunakan beberapa bentuk untuk membedakan jenis pertanyaannya. Pertanyaan utama digambarkan dengan bentuk persegi panjang. Model garis luar penuh menunjukkan pertanyaan utama yang dijawab tanpa menggunakan *probing* dan model garis luar putus-putus diberikan untuk pertanyaan utama yang dijawab dengan menggunakan *probing*. Sedangkan pertanyaan *probing* digambarkan dengan bentuk oval. Jawaban setiap mahasiswa diterapkan ke peta pertanyaan ini dengan cara ditandai menggunakan warna yang berbeda.

Perbedaan warna menunjukkan kategori untuk mengelompokkan jawaban mahasiswa, yaitu: warna hijau untuk jawaban dengan kategori Paham (P); warna biru untuk jawaban dengan kategori Paham Sebagian (PS); warna jingga untuk jawaban dengan kategori Paham Sebagian dengan Miskonsepsi (PSM); warna merah untuk jawaban dengan kategori Miskonsepsi (M), dan warna abu-abu untuk jawaban dengan kategori Tidak Paham (TP).

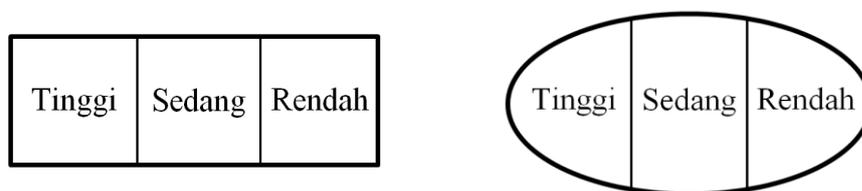


**Gambar 3.4** Peta Pertanyaan untuk Mengungkap Model Mental Mahasiswa pada Materi Kesetimbangan Kimia Menggunakan TDM-IAE

Berdasarkan peta pertanyaan pada **Gambar 3.4**, setiap bentuk persegi panjang (pertanyaan utama) maupun oval (pertanyaan *probing*), dapat menyelidiki kemampuan mahasiswa dalam mempertautkan ketiga level representasi kimia. Karena TDM-IAE adalah wawancara berdasarkan fenomena, sehingga untuk menjawab setiap pertanyaan, pasti diawali dengan melihat dari level makroskopik. Kemudian penjelasannya dihubungkan dengan level submikroskopik dan juga level simbolik.

Peta pertanyaan dibuat seperti ini, bertujuan agar memudahkan untuk mengkaji pola pertautan ketiga level representasi yang dimiliki mahasiswa. Setiap ada jawaban yang diberi warna selain biru atau kategori paham, menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut belum mampu menghubungkan ketiga level representasi. Pembahasan mengenai model mental perlu dikaitkan dengan ketiga level representasi. Mahasiswa dengan model mental yang utuh, ditunjukkan ketika dapat menghubungkan ketiga level representasi dengan baik.

Pada bagian analisis data di bab selanjutnya, peta pertanyaan ini akan digunakan untuk menggambarkan pola jawaban mahasiswa dari setiap angkatan. Jadi, akan diperoleh empat variasi pola jawaban untuk masing-masing tiga orang mahasiswa dari tingkat I, II, III, dan IV. Jawaban-jawaban ketiga mahasiswa dari setiap angkatan, diterapkan ke dalam satu peta pertanyaan yang sama. Berdasarkan **Gambar 3.5**, dapat dilihat bahwa setiap bentuk persegi panjang dan oval dapat dibagi menjadi tiga sekat. Secara berurutan dari kiri ke kanan menunjukkan kategori jawaban untuk mahasiswa kemampuan akademik tinggi, sedang, dan rendah.



**Gambar 3.5** Pembagian Jawaban dari Peta Pertanyaan Berdasarkan Kemampuan Akademik

#### 4. Analisis Konsepsi, *Troublesome Knowledge*, dan *Threshold Concept* berdasarkan Profil Model Mental yang diperoleh

Berdasarkan profil model mental yang diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept*.

##### a. Analisis Konsepsi

Pada penelitian ini, analisis konsepsi mahasiswa dilakukan pada lima submateri dari kesetimbangan kimia, terdiri dari: (1) keberadaan spesi pereaksi dan hasil reaksi pada reaksi kesetimbangan; (2) jumlah spesi pereaksi dan hasil reaksi pada reaksi kesetimbangan; (3) kesetimbangan dapat dicapai dari sisi pereaksi, hasil reaksi, maupun campuran keduanya; (4) sifat dinamis dari reaksi kesetimbangan; dan (5) tetapan kesetimbangan.

Analisis konsepsi dilakukan dengan menganalisis jawaban mahasiswa pada setiap submateri kesetimbangan kimia berdasarkan lima kategori pengelompokan tingkat pemahaman menurut Abraham, Williamson, & Westbrook (1994, hlm. 152), yang terdiri dari “paham”, “paham sebagian”, “paham sebagian dengan miskonsepsi”, “miskonsepsi”, dan “tidak paham”. Penjelasan mengenai setiap kategori tingkat pemahaman berdasarkan kriteria penjelasannya, ditunjukkan pada **Tabel 3.8**.

**Tabel 3.8** Pengelompokan Tingkat Pemahaman

Tingkat Pemahaman	Kriteria Penjelasan
Paham (P)	Jawaban yang lengkap dan penjelasan yang benar secara ilmiah.
Paham Sebagian (PS)	Jawaban yang mencakup setidaknya satu komponen dari penjelasan yang benar dan tidak menunjukkan adanya miskonsepsi.
Paham Sebagian dengan Miskonsepsi (PSM)	Jawaban yang lengkap atau mencakup setidaknya satu komponen dari penjelasan benar. Namun, mengandung pernyataan miskonsepsi.
Miskonsepsi (M)	Jawaban atau penjelasan tidak dapat diterima secara ilmiah.
Tidak Paham (TP)	Jawaban tidak relevan atau mengulang pertanyaan.

## b. Analisis *Troublesome Knowledge*

*Troublesome knowledge* dapat diidentifikasi dengan menggunakan beberapa tahap, yaitu:

### 1) Identifikasi Kemungkinan *Troublesome Knowledge*

Pada tahap awal analisis *troublesome knowledge*, dilakukan identifikasi konsep-konsep yang sulit dengan membandingkan model mental beberapa mahasiswa. Model mental yang utuh dibandingkan dengan model mental yang tidak utuh, sehingga dapat terlihat konsep mana yang menjadi pembatas. Maksud dari pembatas ini adalah konsep yang ada pada mahasiswa dengan pemahaman sesuai target (utuh), tetapi tidak terdapat pada mahasiswa belum mencapai target (tidak utuh).

Konsep-konsep yang berpotensi menjadi *troublesome knowledge* pada materi kesetimbangan kimia, ditunjukkan oleh jawaban yang termasuk kategori tidak paham, mengandung miskonsepsi, dan dari beberapa kesulitan yang dialami mahasiswa. Dengan demikian, melalui tahap ini diketahui konsep-konsep mana yang dianggap sulit dan berpotensi menjadi *troublesome knowledge* yang dialami mahasiswa dalam rangka membangun model mental pada materi kesetimbangan kimia. Daftar kemungkinan *troublesome knowledge* ini kemudian dianalisis lebih lanjut berdasarkan karakteristiknya.

### 2) Identifikasi *Troublesome Knowledge* Berdasarkan Karakteristiknya

Kemungkinan *troublesome knowledge* yang diperoleh pada tahap pertama dibandingkan dengan tipe-tipe *troublesome knowledge* yang diajukan oleh Perkins (1999) dan Meyer & Land (2003). Tipe-tipe *troublesome knowledge* ini ditunjukkan pada **Tabel 3.9**.

Suatu konsep dikategorikan sebagai *troublesome knowledge*, jika memenuhi minimal salah satu tipe *troublesome knowledge* (Worsley, 2008; Park & Light, 2009). Selanjutnya *troublesome knowledge* yang diperoleh, digunakan untuk analisis *threshold concept*. Karena *troublesome* yang dialami seseorang dalam mengkonstruksi model mentalnya menunjukkan *threshold* yang harus dilewati untuk mengembangkan pemahaman yang utuh.

**Tabel 3.9** Pengelompokan Tipe *Troublesome Knowledge*

<b>Tipe <i>Troublesome Knowledge</i></b>	<b>Deskripsi</b>
<i>Inert Knowledge</i>	Pengetahuan yang dipahami, tetapi jarang digunakan atau tidak dihubungkan dengan dunia di sekitarnya.
<i>Ritual Knowledge</i>	Pengetahuan yang menjadi bagian dari keseharian, tetapi tidak bermakna.
<i>Conceptually Difficult Knowledge</i>	Gabungan miskonsepsi dari pengalaman sehari-hari dan kompleksitas suatu konsep.
<i>Alien Knowledge</i>	Sulit untuk menerima dan percaya pada suatu konsep.
<i>Tacit Knowledge</i>	Pengetahuan tidak konsisten dan mengandung perbedaan yang halus.
<i>Troublesome Language</i>	Konsep dijelaskan dengan cara dan bahasa yang berbeda.

### c. Analisis *Threshold Concept*

Konsep-konsep yang dinyatakan sebagai *troublesome knowledge* dibandingkan dengan karakteristik *threshold concept*. Selain pasti memiliki karakteristik *troublesome*, suatu konsep dapat dikatakan *threshold* apabila setidaknya bersifat *transformative* dan *integrative* (Park & Light, 2009; Hill, 2019). Analisis *threshold concept* dilakukan berdasarkan karakteristik *troublesome*, *transformative*, dan *integrative* yang disampaikan oleh Meyer dan Land (2003), yaitu:

- *Troublesome* : *threshold concept* sering menjadi masalah atau kesulitan bagi seseorang dalam memahami suatu konsep.
- *Transformative* : pengetahuan *threshold concept* dapat menyebabkan perubahan dalam perkembangan cara berpikir.
- *Integrative* : *threshold concept* berfungsi menghubungkan berbagai konsep.

Hasil analisis karakteristik *threshold concept* dibuat dalam bentuk tabel, seperti ditunjukkan pada **Tabel 3.10**.

**Tabel 3.10** Karakterisasi *Threshold Concept*

<i>Troublesome Knowledge (TK)</i>	<i>Karakteristik Threshold Concept</i>			<i>Keterangan</i>
	<i>Troublesome</i>	<i>Transformatif</i>	<i>Integratif</i>	
TK 1	√	√	√	<i>Threshold concept</i>
TK 2	√	√	-	Bukan <i>threshold concept</i>
dst...				