

## BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN

*Game* edukasi berbasis intertekstual pada materi sifat asam basa larutan garam dikembangkan sebagai alat bantu siswa dalam menkonstruksi model mental sifat asam basa larutan garam secara mandiri. *Game* edukasi yang dikembangkan mempertautkan aspek konten, aspek pedagogi dan aspek multimedia. Aspek konten berdasarkan level representasi kimia yang terdiri dari level makroskopis, level submikroskopis, dan level simbolik juga pertautan antara ketiga level tersebut. Aspek pedagogi berdasarkan prinsip-prinsip belajar. Sedangkan aspek multimedia berdasarkan prinsip-prinsip multimedia menurut Mayer dan prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth. Materi yang diampaikan dalam *game* edukasi ini adalah sifat asam basa larutan garam yaitu garam yang bersifat netral, garam yang bersifat asam dan garam yang bersifat basa.

### 4.1 Proses Pengembangan *Game* Edukasi berbasis Intertekstual pada Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

#### 4.1.1 Kajian Kompetensi Dasar 3.11 pada Kurikulum 2013

Kajian terhadap Kompetensi Dasar 3.11 pada kurikulum 2013 dilakukan untuk merumuskan indikator dan label konsep yang akan digunakan dalam pengembangan *game* edukasi. Selain itu, kajian tersebut berguna untuk memperoleh kedalaman materi yang harus diajarkan kepada peserta didik agar Kompetensi Dasar 3.11 dapat tercapai. Tabel 4.1 merupakan Kompetensi Dasar pada materi Hidrolisis Garam.

Tabel 4.1 Kompetensi Dasar pada Materi Hidrolisis Garam

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.	3.11 Menganalisis kesetimbangan ion dalam larutan garam dan menghubungkan pH-nya

Kompetensi Dasar 4.11 tidak digunakan dalam pengembangan *game* edukasi karena *game* edukasi yang dikembangkan tidak untuk mengukur ranah keterampilan. Kompetensi Dasar 3.11 dijadikan sebagai acuan dalam merumuskan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dan label konsep.

#### 4.1.1.1 Perumusan Indikator Pencapaian Kompetensi

Langkah pertama dalam merumuskan indikator adalah menganalisis kata kerja operasional (KKO) pada kompetensi dasar 3.11. Kata kerja operasional yang digunakan adalah ‘menganalisis’ sehingga indikator yang dirumuskan minimal setara atau lebih tinggi dengan ranah kognitif analisis agar kompetensi dasar 3.11 dapat tercapai menurut KBBI, analisis merupakan suatu penyelidikan terhadap peristiwa untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-musabab). Setelah peneliti mengkaji, kata kerja operasional yang sesuai digunakan pada indikator pencapaian kompetensi adalah menganalisis. Tabel 4.2 merupakan tabel penurunan kompetensi dasar ke indikator pencapaian kompetensi pada materi hidrolisis garam.

Tabel 4.2 Indikator Pencapaian Kompetensi pada Materi Hidrolisis Garam

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
3.11 Menganalisis kesetimbangan ion dalam larutan garam dan menghubungkan pH-nya	3.11.1 Menganalisis sifat netral larutan garam
	3.11.2 Menganalisis sifat basa larutan garam
	3.11.3 Menganalisis sifat asam larutan garam

Perhitungan PH pada materi hidrolisis garam tidak disertakan dalam *game* edukasi karena *game* edukasi ini mengambil sub materi sifat asam basa larutan garam yang bertujuan untuk memberi gambaran pada level makroskopis, level submikroskopis, dan level simbolik dan pertautan antara ketiga level tersebut. Selain itu, buku-buku yang digunakan di sekolah sudah menjelaskan dengan baik terkait perhitungan pH larutan garam.

#### 4.1.1.2 Perumusan Label Konsep

Langkah selanjutnya adalah merumuskan konsep dari indikator yang telah dibuat. Label Konsep ini digunakan dalam mengembangkan materi hidrolisis garam untuk sub materi sifat asam basa larutan garam pada *game*

edukasi. Tabel 4.3 merupakan tabel penurunan indikator pencapaian kompetensi ke label konsep pada materi hidrolisis khususnya sifat asam basa larutan garam.

Tabel 4.3 Label Konsep pada Materi Hidrolisi Garam

Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	Label Konsep
3.11.1 Menganalisis sifat asam basa larutan garam	Garam yang bersifat netral
	Garam yang bersifat basa
	Garam yang bersifat asam

Materi dasar yang penting dipahami oleh siswa dalam mempelajari sifat asam basa larutan garam adalah autoionisasi air. Oleh karena itu, materi autoionisasi air dimasukkan dalam *game* edukasi sebagai materi penunjang.

#### 4.1.2 Analisis Level Representasi Kimia pada Buku Teks

Langkah selanjutnya adalah analisis level representasi kimia. Analisis level representasi kimia dilakukan dengan cara mencari konsep pada buku teks *General Chemistry* sesuai dengan label konsep yang telah dirumuskan. Konsep yang didapatkan dari buku teks disusun berdasarkan level makroskopis mikroskopis dan level simbolik. Buku teks yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Buku-Buku yang Digunakan pada Analisis Level Representasi Sifat Asam Basa Larutan Garam

No	Judul	Penyusun
1	<i>Chemistry</i>	Brady dan Jespersen
2	<i>Chemistry The Central Science 12<sup>th</sup> Edition</i>	Brown
3	<i>General Chemistry: The Essention Concepts 6<sup>th</sup> Edition</i>	Chang dan Overby
4	<i>General Chemistry Atoms First</i>	McMurry dan Fay
5	<i>Chemistry 10<sup>th</sup> Edition</i>	Whitten
6	<i>Chemistry 10<sup>th</sup> Edition</i>	Zumdahl

Konsep yang diperoleh dari ke-6 buku teks dapat dilihat pada lampiran 2 (Hal. 201). Setelah itu, konsep disimpulkan untuk dijadikan bahan dalam membuat konten pada *game* edukasi. Tabel 4.5 merupakan kesimpulan materi sifat asam basa larutan garam dari ke-6 buku teks.

Tabel 4.5 Kesimpulan Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

No	Label Konsep	Konsep
1	Autoionisasi Air	<p>Air dapat bertindak sebagai asam maupun sebagai basa. Suatu molekul air dapat mendonorkan protonnya kepada molekul air yang lain. molekul air yang mendonorkan proton menjadi ion <math>\text{OH}^-</math> sedangkan molekul air yang menerima proton menjadi ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>. Ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> akan mendonorkan protonnya kepada ion <math>\text{OH}^-</math> sehingga membentuk 2 molekul air hal ini disebut sebagai output ionisasi air.</p> <p>Ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> merupakan asam yang paling kuat yang ada dalam air. semua asam yang lebih kuat dari ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> akan bereaksi sempurna dengan air. Ion <math>\text{OH}^-</math> Amin merupakan basa yang paling kuat yang ada dalam air. semua bahasa yang lebih kuat dari ion <math>\text{OH}^-</math> akan bereaksi sempurna dengan air.</p>
2	Garam yang Berasal dari Asam Kuat dan Basa Kuat	<p>Ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> merupakan asam yang paling kuat yang ada dalam air. Semua asam yang lebih kuat dari ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> akan bereaksi sempurna dengan air. Ion <math>\text{OH}^-</math> merupakan basa yang paling kuat yang ada dalam air. semua bahasa yang lebih kuat dari ion <math>\text{OH}^-</math> akan bereaksi sempurna dengan air</p> <p>Garam yang bersifat netral diantaranya adalah garam NaCl. ketika garam NaCl dilarutkan kedalam air maka garam NaCl akan terdisosiasi menjadi ion-ionnya. Peristiwa Ini ini terjadi karena setiap molekul air akan berinteraksi dengan ion na maupun ion Cl, interaksi antara molekul air dengan garam NaCl akan melemahkan ikatan ion dalam kristal garam. Ujung molekul air yang berparsial (+) yaitu ujung atom H, akan membantu menarik ion Cl dari kristal garam. sedangkan, ujung molekul air yang berparsial (-), yaitu ujung atom O, akan membantu menarik ion Na dari kristal garam.</p> <p>Ion natrium merupakan ion yang berasal dari golongan 1A. jika dibandingkan dengan ion logam lain, ion logam natrium memiliki ukuran yang relatif besar dan muatan yang kecil yaitu +1. karena ukuran yang relatif besar maka ion natrium tidak dapat menarik atom O pada molekul air sehingga tidak dapat bereaksi dengan air.</p> <p>Ion logam lain yang tidak dapat bereaksi dengan air adalah ion logam pada golongan 1A dan 2A. Sedangkan ion yang dapat bereaksi dengan air adalah ion yang memiliki ukuran yang relatif</p>

		<p>kecil dan muatan yang tinggi seperti <math>\text{Al}^{3+}</math> dan <math>\text{Fe}^{3+}</math>.</p> <p>Ion <math>\text{Cl}^-</math> merupakan basa konjugat dari asam kuat, <math>\text{HCl}</math>. Anion yang berasal dari asam kuat akan bersifat basa yang lebih lemah daripada air sehingga tidak memiliki kemampuan untuk menarik proton dari air. Karena ion <math>\text{Na}^+</math> maupun ion <math>\text{Cl}^-</math> dengan air, maka tidak ada ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> dan ion <math>\text{OH}^-</math> yang dihasilkan sehingga tidak mengganggu keseimbangan air. Konsentrasi ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> dan ion <math>\text{OH}^-</math> masih tetap sama, yaitu <math>10^{-7}</math> M sehingga pH larutan <math>\text{NaCl}</math> bersifat netral.</p>
3	Garam yang Berasal dari Asam Kuat dan Basa Lemah	<p>Garam yang bersifat asam diantaranya adalah garam <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math>. ketika garam <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> dilarutkan kedalam air, garam <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> akan terdisosiasi menjadi ion-ionnya. Peristiwa ini terjadi karena setiap molekul air akan berinteraksi dengan ion <math>\text{NH}_4^+</math> maupun ion <math>\text{Cl}^-</math>, interaksi antara molekul air dengan garam <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> akan melemahkan ikatan ion dalam kristal garam. ujung molekul air yang ber parsial positif (+) yaitu ujung atom H, akan membantu menarik ion <math>\text{Cl}^-</math>. Sedangkan ujung molekul air yang ber parsial negatif (-), yaitu ujung atom O, akan membantu menarik ion <math>\text{NH}_4^+</math> dari kristal garam.</p> <p>Ion <math>\text{NH}_4^+</math> merupakan asam konjugat dari basa lemah <math>\text{NH}_3</math>. Kation dari basa lemah akan bersifat asam lemah yang lebih kuat dari air, maka ion <math>\text{NH}_4^+</math> dapat bereaksi dengan air. Ion <math>\text{NH}_4^+</math> akan mendonorkan protonnya kepada molekul air sehingga terbentuk <math>\text{NH}_3</math> dan <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>. Penambahan ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> dalam larutan akan mengganggu keseimbangan air. Pada akhirnya, konsentrasi ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> akan lebih besar daripada konsentrasi ion <math>\text{OH}^-</math> sehingga pH larutan <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> bersifat asam.</p>
4	Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Kuat	<p>Garam yang bersifat basa diantaranya adalah garam <math>\text{NaCH}_3\text{COO}</math> ketika garam <math>\text{NaCH}_3\text{COO}</math> dilarutkan kedalam air, garam <math>\text{NaCH}_3\text{COO}</math> akan terdisosiasi menjadi ion-ionnya. Peristiwa ini terjadi karena setiap molekul air akan berinteraksi dengan ion <math>\text{Na}^+</math> maupun ion <math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>, interaksi antara molekul air dengan garam <math>\text{NaCH}_3\text{COO}</math> akan melemahkan ikatan ion dalam kristal garam. Ujung molekul air yang ber parsial positif (+) yaitu ujung atom H akan membantu menarik ion <math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>. Sedangkan, ujung molekul air yang berparsial negatif (-), yaitu</p>

		<p>ujung atom O, akan membantu menarik ion <math>\text{Na}^+</math> dari kristal garam</p> <p>Ion <math>\text{CH}_3\text{COOH}^-</math> merupakan basa konjugat dari asam lemah, <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math>. anion yang berasal dari asam lemah akan bersifat basa lemah yang lebih kuat daripada air maka ion <math>\text{CH}_3\text{COOH}^-</math> dapat bereaksi dengan air. Ion <math>\text{CH}_3\text{COOH}^-</math> akan menerima Proton dari air sehingga terbentuk <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> dan ion <math>\text{OH}^-</math>. Penambahan ion <math>\text{OH}^-</math> dalam larutan akan mengganggu keseimbangan air. Pada akhirnya, konsentrasi ion <math>\text{OH}^-</math> akan lebih besar daripada konsentrasi ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> sehingga larutan <math>\text{NaCH}_3\text{COO}</math> bersifat basa.</p>
5	Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Lemah	<p>Untuk garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah, kation dan anionnya dapat mengalami hidrolisis. Sifat dari larutan garam bergantung pada kekuatan relatif dari asam lemah dan basa lemah.</p> <p><math>K_b &gt; K_a</math>, jika <math>K_b</math> anion lebih besar dari <math>K_b</math> kation, larutan akan bersifat basa karena anion yang terhidrolisis lebih banyak dari kation. Dalam kesetimbangan, terdapat lebih banyak ion <math>\text{OH}^-</math> daripada ion <math>\text{H}^+</math>.</p> <p><math>K_b &lt; K_a</math>, jika <math>K_b</math> dari anion lebih kecil dari <math>K_a</math> dari kation, larutan akan bersifat asam karena kation yang terhidrolisis lebih banyak daripada anion yang terhidrolisis.</p> <p><math>K_b = K_a</math>, jika <math>K_a</math> hampir sama dengan <math>K_b</math>, maka larutan akan netral.</p> <p>Garam dari asam lemah dan basa lemah dapat menghasilkan larutan yang bersifat netral. Garam dari asam lemah dan basa lemah mengandung kation dan anion yang dapat bereaksi dengan air. Misalnya garam <math>\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}</math> yang berasal dari <math>\text{NH}_3</math> dan <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> dimana memiliki konstanta ionisasi yang sama yaitu sebesar <math>1.8 \times 10^{-5}</math>. Karena nilai <math>K</math> yang sama, jumlah ion <math>\text{H}_3\text{O}^+</math> yang dihasilkan oleh <math>\text{NH}_4^+</math> dan jumlah ion <math>\text{OH}^-</math> yang dihasilkan oleh ion <math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math> akan sama sehingga larutan amonium asetat bersifat netral.</p> <p>Garam dari basa lemah dan asam lemah dapat juga menghasilkan larutan yang bersifat asam. Misalnya garam <math>\text{NH}_4\text{F}</math> yang berasal dari larutan amoniak dan larutan asam florida. <math>K_b</math> dari larutan <math>\text{NH}_3</math> adalah <math>1.8 \times 10^{-5}</math> dan <math>K_b</math> dari <math>\text{HF}</math> adalah <math>7.2 \times 10^{-5}</math> sehingga nilai <math>K_a</math> dari ion <math>\text{NH}_4^+</math> (<math>5.6 \times 10^{-5}</math>) lebih besar dari ion <math>\text{F}^-</math> (<math>1.4 \times 10^{-10}</math>). Ion <math>\text{NH}_4^+</math> terhidrolisis dalam jumlah yang lebih banyak dari</p>

		pada aion F <sup>-</sup> sehingga larutan amonium florida bersifat asam. Jika Kb anion lebih kecil dari Ka kation, larutan akan bersifat asam karena kation yang terhidrolisis lebih banyak daripada anion yang terhidrolisis.
		Garam dari asam lemah dan basa lemah juga dapat menghasilkan larutan yang bersifat basa. Misalnya garam (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> memiliki kation dan anion yang dapat bereaksi dengan air. Ka dari H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> lebih kecil dari Kb NH <sub>3</sub> sehingga Kb dari CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> lebih besar dari Ka NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . Ion CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> yang terhidrolisis lebih banyak daripada ion NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> sehingga larutan tersebut bersifat basa. Jika Kb anion lebih besar dari Ka kation maka larutan akan bersifat basa karena anion yang terhidrolisis lebih banyak daripada kation

#### 4.1.3 Analisis Miskonsepsi

Analisis miskonsepsi pada materi sifat asam basa larutan garam dilakukan untuk mengetahui miskonsepsi yang terjadi pada materi sifat asam basa larutan garam. konsepsi yang ditemukan akan dijadikan bahan acuan dalam mengembangkan *game* edukasi sehingga *game* edukasi yang dihasilkan tidak menimbulkan miskonsepsi bagi pengguna. Miskonsepsi yang didapat dari berbagai jurnal dapat dilihat pada lampiran 4 (Hal. 234)

Berdasarkan analisis miskonsepsi yang telah dilakukan, terdapat beberapa miskonsepsi yang terjadi pada materi sifat asam basa larutan garam sebagai berikut:

- a) Semua garam bersifat netral
- b) Suatu garam bersifat netral karena kedua ion dari garam tersebut bereaksi dengan air menghasilkan H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dalam jumlah yang sama.
- c) Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah memiliki sifat asam karena mengalami hidrolisis anion menghasilkan ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> sehingga konsentrasi ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> di dalam air bertambah
- d) Garam yang terbuat dari asam kuat dan basa kuat bersifat netral, konsentrasi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> sama dengan OH<sup>-</sup> , karena tidak akan terlarut dalam air sehingga konsentrasi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH tidak bertambah.

- e) Garam yang terbuat dari asam kuat dan basa kuat bersifat netral, konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  sama dengan  $\text{OH}^-$ , karena menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sehingga jumlah ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sama banyak dalam air.
- f) Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah memiliki sifat asam sedangkan garam yang berasal dari basa kuat dan asam lemah memiliki sifat basa karena sifat kuat asam atau basa pembentuknya.

#### 4.1.4 Analisis *Game* Edukasi *Existing*

Analisis *game* edukasi *existing* digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam *game* edukasi yang akan dikembangkan. Langkah pertama dalam analisis *game* edukasi *existing* adalah pengumpulan *game* edukasi materi hidrolisis garam dan sifat asam basa larutan garam pada mesin pencarian Google dan Play Store.

*Game* edukasi yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis berdasarkan aspek konten, pedagogik dan multimedia berbasis *game* edukasi. Pada setiap aspek dianalisis kelebihan dan kekurangan yang terdapat dalam *game* edukasi tersebut. Aspek konten berdasarkan berdasarkan level representasi kimia yang dianalisis dan pertautan antar ketiga level representasi kimia. Aspek pedagogi berdasarkan prinsip-prinsip belajar. Aspek multimedia berdasarkan prinsip-prinsip multimedia menurut Mayer dan prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth.

*Game* edukasi yang didapatkan hanya dua *game* edukasi. Hal ini berarti bahwa *game* edukasi pada materi sifat asam basa larutan garam masih terbatas. Sumber-sumber *game* edukasi yang digunakan dalam analisis ditunjukkan pada tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Sumber-Sumber *Game* Edukasi Eksisting pada Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

No	Judul <i>Game</i> Edukasi	Sumber
1	Happy Chemist	Google: <a href="https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JIPK/article/view/20283/10013">https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JIPK/article/view/20283/10013</a>
2	Hydrolisis War	Play Store: Kata kunci pencarian yaitu Hydrolisis <i>Game</i> atau Hydrolisis War



Secara lebih rinci mengenai Analisis *game* edukasi existing dapat dilihat pada lampiran 3 (Hal. 216)

Berdasarkan analisis *game* edukasi existing yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

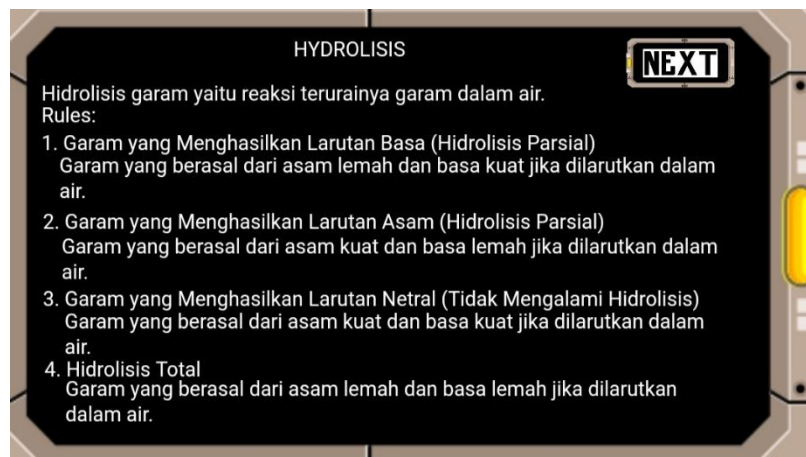
- a) Pada aspek konten, *game* edukasi yang dianalisis tidak menampilkan level representasi secara utuh dan tidak mempertautkan antar level representasi kimia. Hal ini terjadi pada kedua *game* edukasi. Pada *game* edukasi pertama, level makroskopis tidak ditampilkan fenomena yang sebenarnya (Gambar 4.1) dan level submikroskopis tidak dijabarkan dengan jelas (Gambar 4.2). Sedangkan pada *game* edukasi kedua, tidak menampilkan level makroskopis dan level submikroskopis tidak dijabarkan dengan jelas (Gambar 4.3).



Gambar 4.1 *Game* Edukasi Happy Chemist Level Makroskopis

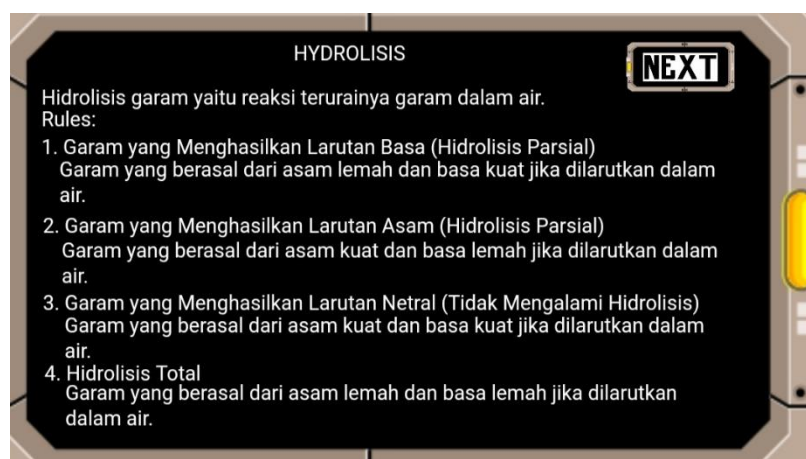


Gambar 4.2 *Game* Edukasi Happy Chemist Level Submikroskopis



Gambar 4.3 *Game* Edukasi Hydrolisis War Level Submikroskopis

- b) Pada aspek pedagogi, *game* edukasi yang dianalisis kurang mempertimbangkan prinsip-prinsip dalam pembelajaran dan menimbulkan miskonsepsi.



Gambar 4.4 Penjelasan Materi *Game* Edukasi Hydrolisis War

Salah satunya *game* edukasi Hydrolisis War (Gambar 4.4), *game* edukasi ini tidak menyajikan materi secara lengkap. Sehingga tidak adanya urutan dari materi yang lebih sederhana menuju yang kompleks. Selain itu, dari *game* ini dapat menimbulkan miskonsepsi karena tidak dijelaskan pula mengapa suatu larutan garam dapat bersifat netral, asam, atau basa karena penjelasan hanya sebatas asal terbentuknya suatu garam yang bersifat asam, basa, atau netral.

- c) Pada aspek multimedia, *game* edukasi yang dianalisis hanya memperhatikan aspek navigasi dan tampilan saja, tidak memperhatikan bagaimana supaya pengguna mengerti dengan jelas maksud dan cara

bermain dari *game* edukasi tersebut. Selain itu, pada kedua *game* edukasi tersebut kurang menerapkan prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth.



Gambar 4.5 Petunjuk Permainan *Game* Hydrolisis War



Gambar 4.6 Tampilan Permainan di *Game* Happy Chemist



Gambar 4.7 Tampilan Level *Game* Hydrolisis War

Salah satu prinsip mengembangkan *game* edukasi yang tidak ditampilkan dengan rinci seperti, jumlah skor yang harus diraih pemain untuk menang (gambar 4.5). Selain itu, untuk *game* Happy Chemist tidak diberikannya petunjuk dalam *game* edukasi tersebut. Selanjutnya, kedua *game* edukasi juga tidak memiliki tingkat kesulitan. Untuk *game* edukasi Happy Chemist permainan hanya berupa satu jenis permainan yaitu menentukan sifat asam basa larutan garam yang diuji dengan kertas lakmus (Gambar 4.6). Untuk *game* edukasi Hidrolisis War dari awal permainan semua level dapat diakses oleh pengguna dengan cara bermain yang sama hanya berbeda pada jenis garamnya (Gambar 4.7).

#### 4.1.5 Pembuatan *Flowchart* dan *Storyboard*

Pembuatan *flowchart* atau diagram alir dari *game* edukasi digunakan sebagai dasar atau patokan untuk membuat *game* edukasi tersebut. Selanjutnya dari *flowchart* atau diagram alir dibuat *storyboard* yang akhirnya bisa menjadi konsep awal untuk membuat *game* edukasi. *Flowchart* dari *game* edukasi kimia yang dikembangkan dapat dilihat pada lampiran 5 (Hal. 238) dan *storyboard* pada lampiran 6 (Hal. 239).

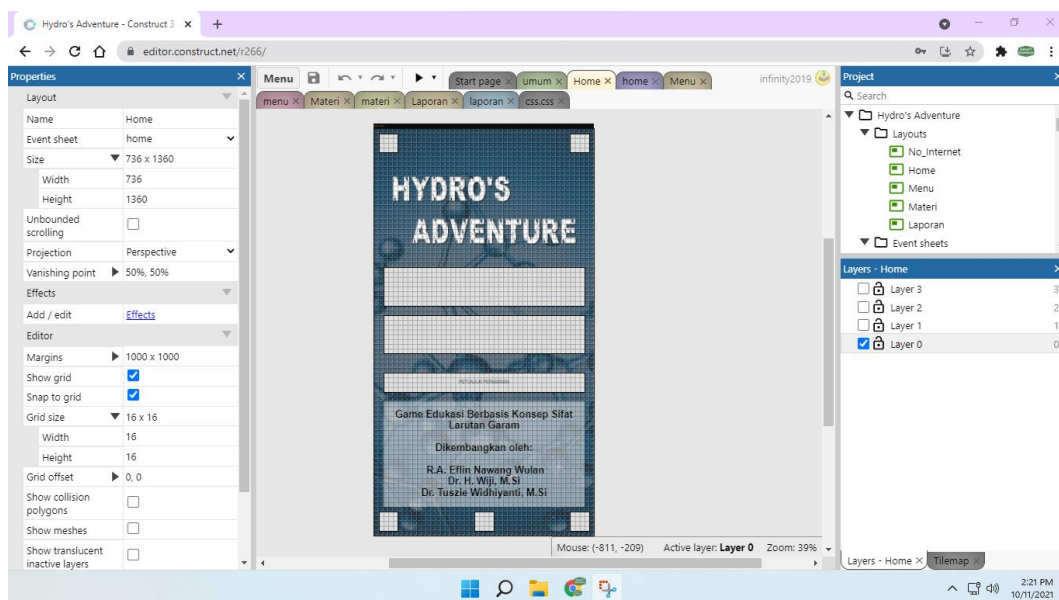
#### 4.1.6 Pembuatan *Game* Edukasi

*Game* edukasi berbasis intertekstual pada materi sifat asam basa larutan garam dibuat berdasarkan *flowchart* dan *storyboard* yang telah disusun sebelumnya. *Game* edukasi dibuat dengan menggunakan aplikasi construct 3. Construct 3 merupakan aplikasi pembuat *game* berbasis HTML5 yang dikembangkan oleh Scirra. aplikasi ini dikhususkan untuk platform 2D yang memiliki fungsi cukup lengkap untuk mendukung pembuatan *game* edukasi.

Kelebihan Construct 3 adalah aplikasi pembuat *games* 2D ini dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dioperasikan. Pengguna tidak perlu memiliki kemampuan coding, aplikasi ini telah dilengkapi dengan event set yang terdiri dari event dan action sehingga pengguna hanya memasukkan template yang sudah disediakan oleh aplikasi Construct 3. Aplikasi ini berjalan lewat browser dan files-nya dapat disimpan secara online maupun offline. Karena itu, aplikasi ini berjalan

di semua sistem operasi, termasuk Chrome dan Android. Aplikasi ini dapat mendesain dan membuat *games* semacam puzzle, RPG, tembak-tembakan, balapan, hingga *games* yang pakai cerita. Selain itu aplikasi Construct 3 dapat digunakan ketika sudah diinstall di komputer ataupun lewat browser.

Dengan menggunakan aplikasi tersebut, pengembang aplikasi dapat menghasilkan output dengan beberapa platform seperti HTML5 website, android, windows dan lain-lain. *Game* edukasi yang dihasilkan merupakan aplikasi berbasis HTML5 sehingga aplikasi *game* edukasi ini dapat dipublikasikan ke berbagai macam sistem operasi seperti android ataupun windows. Gambar 4.8 merupakan gambar tampilan awal ketika aplikasi Construct 3 telah dibuka.



Gambar 4.8 Tampilan Construct 3

## 4.2 Deskripsi *Game* Edukasi berbasis Intertekstual pada Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

*Game* edukasi kimia pada materi sifat asam basa larutan garam digunakan untuk membantu pembelajaran secara mandiri untuk materi sifat asam basa larutan garam. Sasaran pengguna *game* edukasi ini adalah siswa. Namun, *game* edukasi ini juga dapat digunakan oleh guru, mahasiswa, dosen, ataupun umum.

*Game* edukasi ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian cover, membuka pilihan misi, dan pilihan misi. Tabel 4.7 merupakan tabel layar yang terdapat dalam *game* edukasi.

Tabel 4.7 Bagian dalam *Game* Edukasi

No	Bagian Layar Utama	Komponen Layar Utama
1	Cover	Daftar
		Login
		Petunjuk Permainan
2	Membuka Pilihan Misi	Pilih Misi
		Rank
		Online User
3	Pilihan Misi	Misi 1
		Misi 2
		Misi 3
		Misi 4
		Penguatan Konsep

Penjabaran dari bagian layar utama dan komponen setiap layar dalam *game* edukasi adalah sebagai berikut:

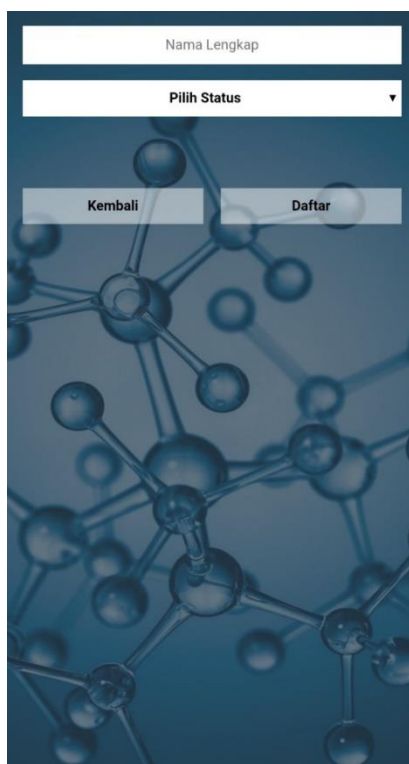
a) Cover

Cover *game* edukasi berupa tampilan awal ketika pengguna membuka *game* yang sudah didownload melalui *Play Store* atau membuka alamat link <https://hydroadventures.xyz/>. Pada layar ini terdapat tiga tombol utama yaitu daftar, login, dan petunjuk permainan. Selain itu, ditampilkan pula nama *game* edukasi, materi, dan profil pengembang. Gambar 4.9 merupakan tampilan cover *game* edukasi pada materi sifat larutan garam.

Gambar 4.9 Cover *Game* Edukasi

### (1) Daftar

Ketika pengguna menekan tombol daftar pada layar cover maka pengguna akan beralih ke layar pendaftaran akun. Langkah ini terdiri dari pengisian nama lengkap dan pilih status. Untuk pilih status disini terdiri dari empat pilihan yaitu siswa SMA, mahasiswa, guru, dan umum. Untuk menyelesaikan pendaftaran pengguna dapat menekan tombol daftar pada layar ini. Setelah itu pengguna akan mendapatkan username dan password untuk login ke dalam permainan. Username dan password yang didapat dapat di *screenshot* untuk disimpan. Gambar 4.10 merupakan gambar layar daftar pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.10 Layar Daftar *Game* Edukasi

### (2) Login

Ketika pengguna menekan tombol login pada layar cover maka pengguna akan beralih ke layar yang terdapat kolom user name dan password. Selain menyimpan user name dan password dengan di *screenshot*, kolom ini di set otomatis sudah terisi oleh user name dan password yang didapat saat melakukan pendaftaran akun sebelumnya. Hal ini dilakukan agar lebih memudahkan pengguna untuk lebih mengakses permainan. Gambar 4.11

merupakan gambar layar login pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.11 Layar Login *Game* Edukasi

### (3) Petunjuk Permainan

Ketika pengguna menekan tombol petunjuk permainan pada layar cover maka pengguna akan beralih ke layar yang berisi peraturan dan cara bermain *game* edukasi. Petunjuk ini dibuat dalam bentuk point nomor-nomor secara singkat dan jelas agar mudah dimengerti oleh pengguna. Gambar 4.12 merupakan gambar layar petunjuk permainan pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Kembali

**PETUNJUK PERMAINAN**

1. Pemain yang sudah mempunyai akun, silahkan LOGIN.
2. Pemain yang belum mempunyai akun, silahkan DAFTAR terlebih dahulu. Setelah melakukan pendaftaran, simpan username dan password yang diberikan. Password bisa diubah sesuai keinginan setelah LOGIN.
3. Setelah login, silahkan klik tombol "Pilih Misi", kemudian pilih Misi 1.
4. Misi 2, 3, dan 4 belum bisa dibuka sebelum misi 1 diselesaikan terlebih dahulu.
5. Karakter H<sub>2</sub>O berperan sebagai air yang berfungsi untuk pelarutan garam yang digunakan sebagai karakter untuk bermain.
6. Tantangan setiap misi yang harus diselesaikan berupa:
  - a. Menjawab pertanyaan dari video yang ditampilkan
  - b. Mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 5 buah pada misi 1, 10 buah pada misi 2, 15 buah pada misi 3, dan 20 buah pada misi 4
  - c. Memilih persamaan reaksi yang benar
  - d. Memilih kesimpulan yang benar
7. Untuk bermain dilaptop, pada keyboard tekan tombol panah kanan, kiri dan atas untuk menggerakkan karakter
8. Untuk bermain di android, pada layar sentuh gambar panah kanan, kiri, dan atas untuk meggerakkan karakter
9. Raih skor tinggi dengan bermain secepat mungkin. Semakin cepat kamu menyelesaikan misi semakin tinggi skor yang kamu raih
10. Selamat bermain dan belajar!

Gambar 4.12 Layar Petunjuk *Game* Edukasi

## b) Membuka Pilihan Misi

Layar membuka pilihan misi ini akan muncul setelah pengguna selesai melakukan login pada *game* edukasi. Pada layar ini terdapat tiga tombol utama yaitu pilih misi, info, dan online user. Gambar 4.13 merupakan gambar tampilan untuk membuka pilihan misi pada edukasi pada materi sifat lartan garam.



Gambar 4.13 Layar Membuka Pilihan Misi *Game* Edukasi

(1) Pilihan Misi

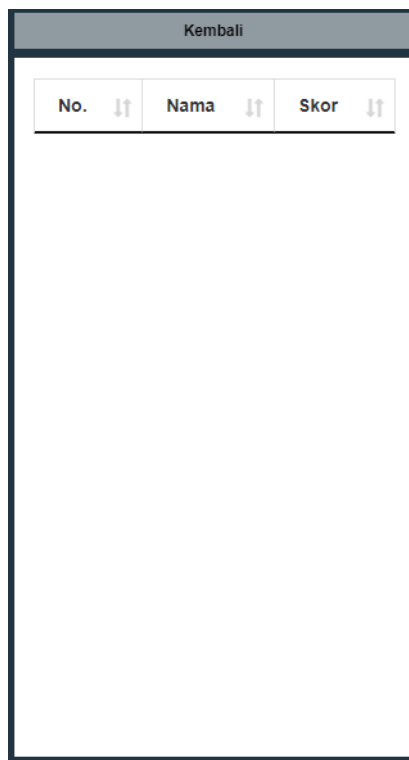
Ketika pengguna menekan tombol pilih misi maka pengguna akan beralih ke layar daftar misi yang harus diselesaikan. Pada layar ini terdapat empat misi utama dan penguatan konsep. Untuk awal permainan, misi yang terbuka hanyalah misi 1. Sedangkan misi yang lain baru akan terbuka jika misi sebelumnya telah diselesaikan. Untuk penguatan konsep akan terbuka jika keempat misi tersebut telah diselesaikan. Gambar 4.14 merupakan gambar layar pilihan misi pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.14 Layar Pilihan Misi *Game* Edukasi

(2) Rank

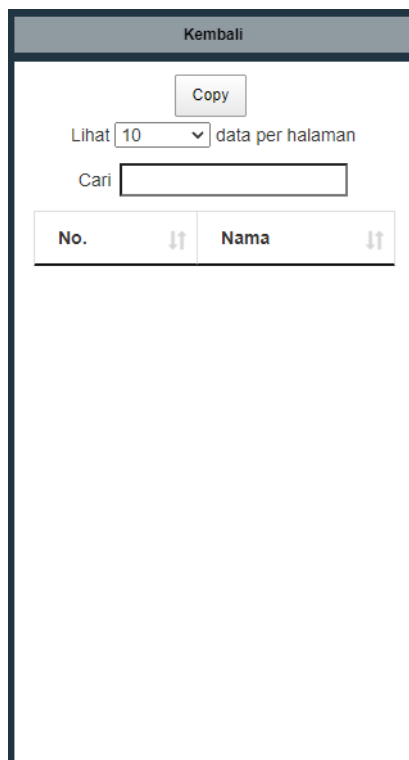
Ketika pengguna menekan tombol rank maka pengguna akan beralih ke layar daftar misi yang harus diselesaikan. Pada layar ini terdapat empat misi utama dan penguatan konsep. Untuk awal permainan, misi yang terbuka hanyalah misi satu. Sedangkan misi yang lain baru akan terbuka jika misi sebelumnya telah diselesaikan. Untuk penguatan konsep akan terbuka jika keempat misi tersebut telah diselesaikan. Gambar 4.15 merupakan gambar layar rank pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.15 Layar Rank *Game* Edukasi

(3) Online User

Ketika pengguna menekan tombol online user maka pengguna akan beralih ke layar daftar pengguna lain yang sedang aktif memainkan *game* edukasi ini. Dengan fungsi ini, pengguna dapat melihat jumlah dan username pengguna lain yang juga sedang membuka *game* edukasi. Gambar 4.16 merupakan gambar layar online user pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.

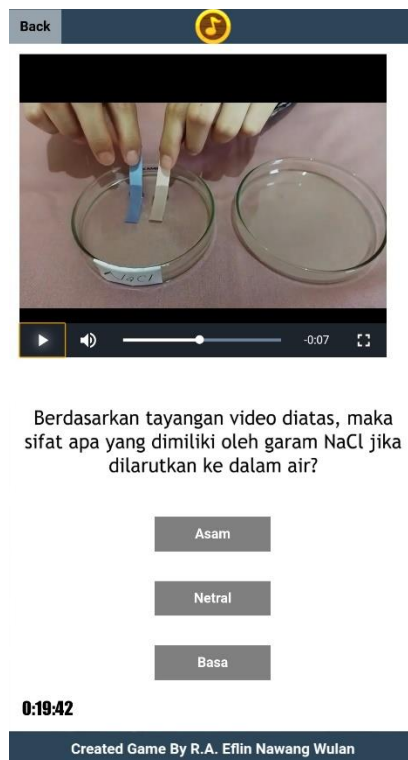


Gambar 4.16 Layar Online User *Game* Edukasi

c) Pilihan Misi

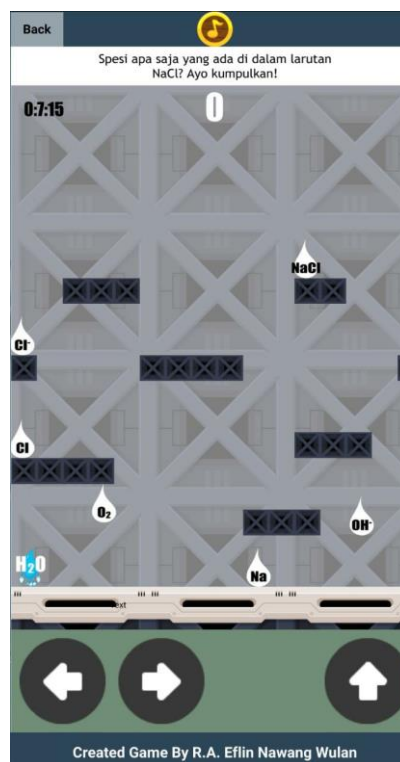
(1) Misi 1

Garam yang digunakan pada misi 1 adalah garam yang bersifat netral yaitu NaCl. Tantangan yang harus diselesaikan pada misi 1 yaitu menjawab pertanyaan dari video yang ditampilkan. Video berisi percobaan yang membuktikan sifat garam tersebut dengan menggunakan kertas lakmus. Terdiri dari pilihan netral, asam, atau basa. Disini pengguna harus memilih sifat apa yang dimiliki oleh garam NaCl jika dilarutkan ke dalam air berdasarkan hasil uji kertas lakmus yang ditampilkan pada video sebelumnya. Jika memilih netral maka jawabannya benar dan melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Jika memilih asam atau basa maka jawabannya salah dan pemain harus mengulang melihat kembali video pelarutan garam NaCl. Gambar 4.17 merupakan gambar layar menentukan sifat asam basa larutan garam di misi 1 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.17 Video Percobaan di Misi 1

Tantangan selanjutnya adalah mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 5 buah. Spesi tersebut merupakan spesi yang terkandung dalam larutan NaCl yaitu,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka pilihannya benar dan mendapatkan skor 1 untuk setiap spesi yang diambil. Jika skor yang didapat sudah berjumlah 5 maka pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa spesi, yaitu Na,Cl, NaCl,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{O}_2$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka kembali ke tahap awal mengumpulkan spesi yang benar sesuai dengan jumlah yang diminta. Gambar 4.18 merupakan gambar layar mengumpulkan spesi di misi 1 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.

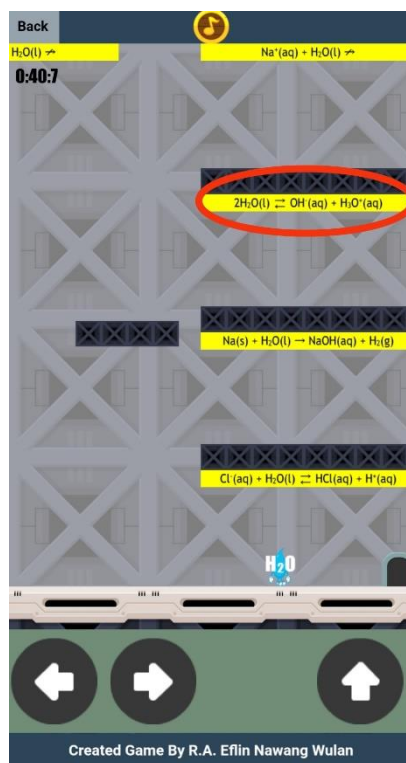


Gambar 4.18 Mengumpulkan Spesi di Misi 1

Tantangan selanjutnya yaitu memilih persamaan kimia yang benar. Pertama, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
- (b)  $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)}$
- (c)  $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (d)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (e)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (f)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$
- (g)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCl}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (h)  $\text{Na}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

Gambar 4.19 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul H<sub>2</sub>O di misi 1 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.

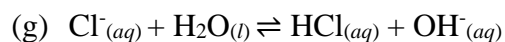
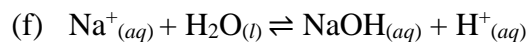


Gambar 4.19 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi Air di Misi 1

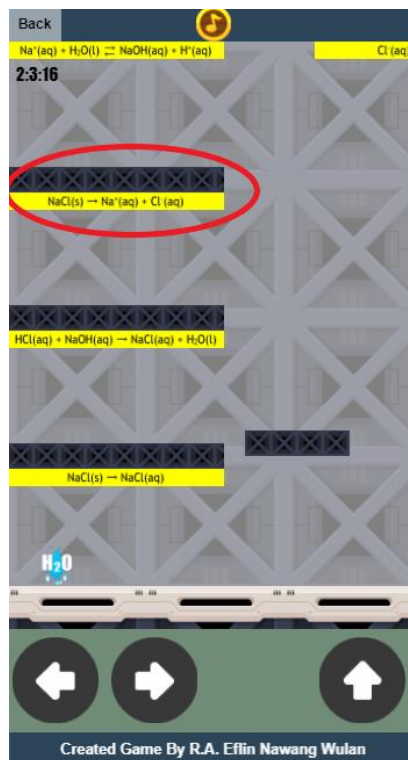
Kedua, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NaCl didalam air. Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NaCl didalam air yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- (b)  $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)}$
- (c)  $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (d)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (e)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$



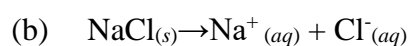
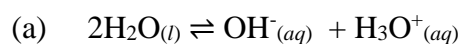


Gambar 4.20 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NaCl didalam air di misi 1 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



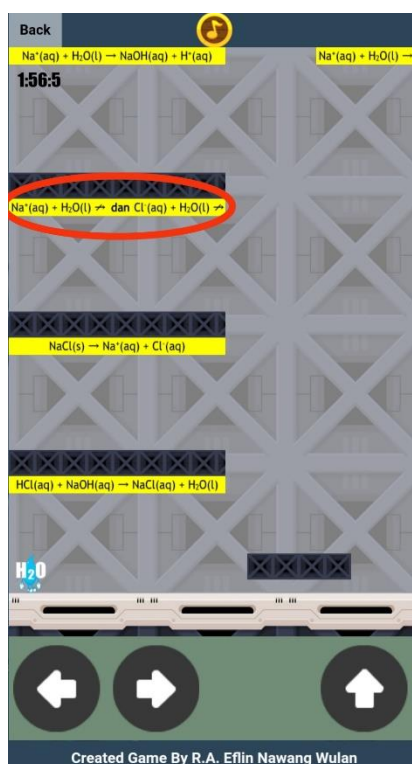
Gambar 4.20 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Pelarutan Garam NaCl di Misi 1

Ketiga, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan NaCl. Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow$  dan  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan NaCl yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:



- (c)  $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)}$   
 (d)  $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 (e)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$   
 (f)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCl}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$   
 (g)  $\text{Na}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

Gambar 4.21 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan NaCl di misi 1 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



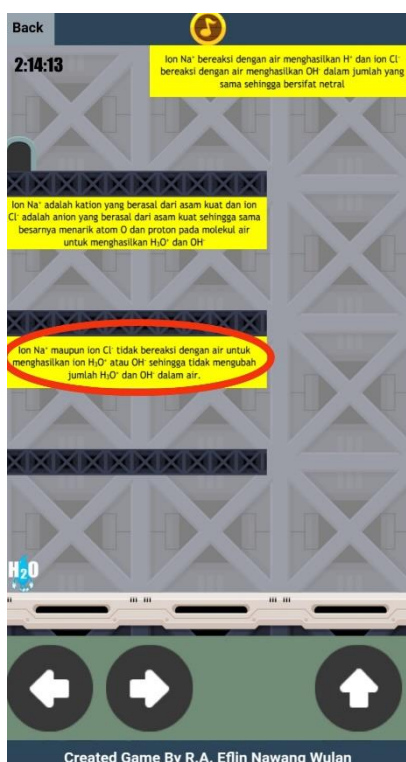
Gambar 4.21 Memilih Persamaan Kimia untuk Interaksi yang Mungkin Terjadi diantara Spesi-Spesi dalam Larutan NaCl di Misi 1

Setelah melewati tantangan memilih persamaan kimia, tantangan terakhir pada misi 1 yaitu memilih kesimpulan yang benar. Pada tantangan ini pemain harus memilih satu pernyataan yang benar terkait penyebab larutan garam NaCl bersifat netral. Pernyataan tersebut terdiri dari pilihan:

- (a) Ion  $\text{Na}^+$  maupun ion  $\text{Cl}^-$  dengan air tidak bereaksi dengan air untuk menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sehingga tidak mengubah jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam air.

- (b) Ion  $\text{Na}^+$  bereaksi dengan air menghasilkan  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  bereaksi dengan air menghasilkan  $\text{OH}^-$  dalam jumlah yang sama sehingga bersifat netral.
- (c) Ion  $\text{Na}^+$  adalah kation yang berasal dari asam kuat dan ion  $\text{Cl}^-$  adalah anion yang berasal dari asam kuat sehingga sama besarnya menarik atom O dan proton pada molekul air menghasilkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Untuk jawaban yang benar, pemain harus memilih pernyataan pada point a. Point b dan c adalah pengecoh dan jika yang dipilih adalah salah satu dari point tersebut maka pemain harus mengulang kembali memilih pernyataan yang benar. Pernyataan yang dijadikan pengecoh didapat dari beberapa jurnal yang meneliti mengenai miskonsepsi materi sifat asam basa larutan garam. Misi 1 ditutup dengan akumulasi jumlah skor dan misi 2 yang telah terbuka. Setelah itu, pemain dapat melanjutkan permainan ke misi 2 untuk menyelesaikan tantangan berikutnya. Gambar 4.22 merupakan gambar layar menentukan kesimpulan yang tepat terkait penyebab larutan garam  $\text{NaCl}$  bersifat netral.



Gambar 4.22 Memilih Kesimpulan di Misi 1

## (2) Misi 2

Garam yang digunakan pada misi 2 adalah garam yang bersifat asam yaitu  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Tantangan yang harus diselesaikan pada misi 2 yaitu menjawab pertanyaan dari video yang ditampilkan. Video berisi percobaan yang membuktikan sifat garam tersebut dengan menggunakan kertas lakmus. Terdiri dari pilihan netral, asam, atau basa. Disini pengguna harus memilih sifat apa yang dimiliki oleh garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  jika dilarutkan ke dalam air berdasarkan hasil uji kertas lakmus yang ditampilkan pada video sebelumnya. Jika memilih asam maka jawabannya benar dan dapat melanjutkan ketantangan selanjutnya. Jika memilih netral atau basa maka jawabannya salah dan pemain harus mengulang melihat kembali video pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Gambar 4.23 merupakan gambar layar menentukan sifat asam basa larutan garam di misi 2 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.23 Video Percobaan di Misi 2

Tantangan selanjutnya adalah mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 10 buah. Spesi tersebut merupakan spesi yang terkandung dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yaitu  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain

mengambil ion-ion tersebut maka pilihannya benar dan mendapatkan skor 1 untuk setiap spesi yang diambil. Jika skor yang didapat sudah berjumlah 10 maka pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa spesi, yaitu  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka kembali ke tahap awal mengumpulkan spesi yang benar sesuai dengan jumlah yang diminta. Gambar 4.24 merupakan gambar layar mengumpulkan spesi di misi 2 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.24 Mengumpulkan Spesi di Misi 2

Tantangan selanjutnya yaitu memilih persamaan kimia yang benar. Pertama, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$   
 (b)  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$   
 (c)  $\text{NH}_4(\text{OH})_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 (d)  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$   
 (e)  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$   
 (f)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$   
 (g)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCl}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$   
 (h)  $\text{NH}_{4(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4(\text{OH})_{(aq)} + \text{H}_2(g)$

Gambar 4.25 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  di misi 2 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.25 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi Air di Misi 2

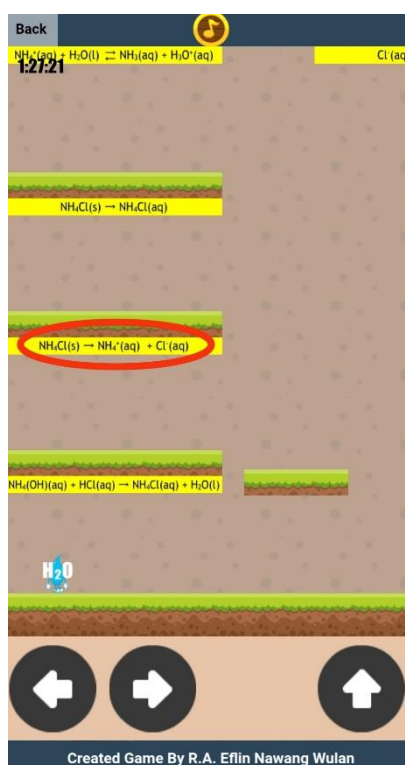
Kedua, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  didalam air. Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang

jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  didalam air yang benar.

Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (b)  $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(aq)$
- (c)  $\text{NH}_4(\text{OH})(aq) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- (d)  $\text{NH}_4^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{NH}_3(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (e)  $\text{NH}_4^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \nrightarrow$
- (f)  $\text{Cl}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \nrightarrow$
- (g)  $\text{Cl}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HCl}(aq) + \text{OH}^-(aq)$
- (h)  $\text{NH}_4(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{NH}_4(\text{OH})(aq) + \text{H}_2(g)$

Gambar 4.26 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  didalam air di misi 2 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.26 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Pelarutan Garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di Misi 2

Ketiga, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan

$\text{NH}_4\text{Cl}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang benar. Persamaan kimia sebagai pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- (b)  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
- (c)  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$
- (d)  $\text{NH}_4(\text{OH})_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (e)  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (f)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (g)  $\text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HCl}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (h)  $\text{NH}_4_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4(\text{OH})_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

Gambar 4.27 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di misi 2 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.





Gambar 4.27 Memilih Persamaan Kimia untuk Interaksi yang Mungkin Terjadi diantara Spesi-Spesi dalam Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di Misi 2

Setelah melewati tantangan memilih persamaan kimia, tantangan terakhir pada misi 2 yaitu memilih kesimpulan yang benar. Pada tantangan ini pemain harus memilih satu pernyataan yang benar terkait penyebab larutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam. Pernyataan tersebut terdiri dari pilihan:

- Kation dari basa lemah yaitu ion  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ , sehingga jumlah ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan bertambah
- Anion dari asam kuat yaitu ion  $\text{Cl}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  sehingga konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  di dalam air bertambah
- Anion dari asam kuat yaitu ion  $\text{Cl}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  sehingga konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  di dalam air bertambah

Untuk jawaban yang benar, pemain harus memilih pernyataan pada point a. Point b dan c adalah pengecoh dan jika yang dipilih adalah salah satu dari point tersebut maka pemain harus mengulang kembali memilih pernyataan yang benar. Pernyataan yang dijadikan pengecoh didapat dari beberapa jurnal yang meneliti mengenai miskonsepsi materi sifat asam basa

larutan garam. Misi 2 ditutup dengan akumulasi jumlah skor dan misi 3 yang telah terbuka. Setelah itu, pemain dapat melanjutkan permainan ke misi 3 untuk menyelesaikan tantangan berikutnya. Gambar 4.28 merupakan gambar layar menentukan kesimpulan yang tepat terkait penyebab larutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam.



Gambar 4.28 Memilih Kesimpulan di Misi 2

### (3) Misi 3

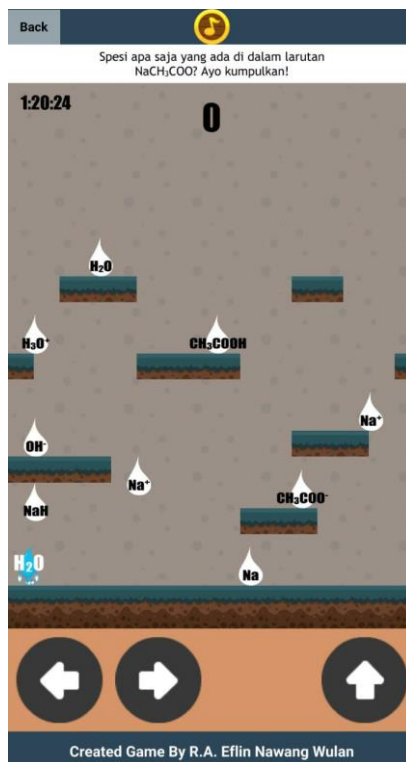
Garam yang digunakan pada misi 2 adalah garam yang bersifat asam yaitu  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ . Tantangan yang harus diselesaikan pada misi 3 yaitu menjawab pertanyaan dari video yang ditampilkan. Video berisi percobaan yang membuktikan sifat garam tersebut dengan menggunakan kertas lakmus. Terdiri dari pilihan netral, asam, atau basa. Disini pengguna harus memilih sifat apa yang dimiliki oleh garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  jika dilarutkan ke dalam air berdasarkan hasil uji kertas lakmus yang ditampilkan pada video sebelumnya. Jika memilih basa maka jawabannya benar dan dapat melanjutkan ketantangan selanjutnya. Jika memilih netral atau asam maka jawabannya salah dan pemain harus mengulang melihat kembali video pelarutan garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ . Gambar 4.29 merupakan gambar layar menentukan sifat asam

basa larutan garam di misi 3 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.29 Video Percobaan di Misi 3

Tantangan selanjutnya adalah mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 15 buah. Spesi tersebut merupakan spesi yang terkandung dalam larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  yaitu  $\text{Na}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain mengambil ion-ion tersebut maka pilihannya benar dan mendapatkan skor 1 untuk setiap spesi yang diambil. Jika skor yang didapat sudah berjumlah 15 maka pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa spesi, yaitu  $\text{NaH}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka kembali ke tahap awal mengumpulkan spesi yang benar sesuai dengan jumlah yang diminta. Gambar 4.30 merupakan gambar layar mengumpulkan spesi di misi 3 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.30 Mengumpulkan Spesi di Misi 3

Tantangan selanjutnya yaitu memilih persamaan kimia yang benar. Pertama, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $\text{NaCH}_3\text{COO}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$
- (b)  $\text{NaCH}_3\text{COO}_{(s)} \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}_{(aq)}$
- (c)  $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (d)  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (e)  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (f)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$
- (g)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (h)  $\text{Na}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

Gambar 4.31 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul H<sub>2</sub>O di misi 3 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



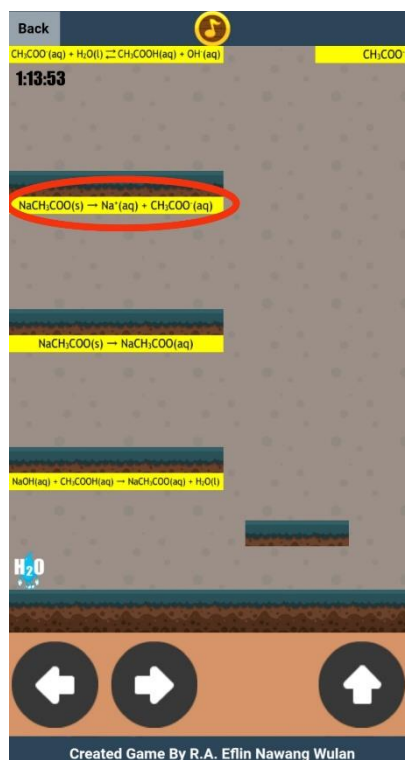
Gambar 4.31 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi Air di Misi 3

Kedua, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NaCH<sub>3</sub>COO didalam air. Jika pemain memilih persamaan kimia NaCH<sub>3</sub>COO<sub>(s)</sub> → Na<sup>+</sup><sub>(aq)</sub> + CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup><sub>(aq)</sub> maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NaCH<sub>3</sub>COO didalam air yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- $\text{NaCH}_3\text{COO}(s) \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}(aq)$
- $\text{NaOH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq)$

- (e)  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$   
 (f)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$   
 (g)  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$   
 (h)  $\text{Na}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

Gambar 4.32 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  didalam air di misi 3 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.32 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Pelarutan Garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  di Misi 3

Ketiga, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (b)  $\text{NaCH}_3\text{COO}(s) \rightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$
- (c)  $\text{NaCH}_3\text{COO}(s) \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}(aq)$
- (d)  $\text{NaOH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- (e)  $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons$
- (f)  $\text{Na}^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{NaOH}(aq) + \text{H}^+(aq)$
- (g)  $\text{Na}^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons$
- (h)  $\text{Na}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g)$

Gambar 4.33 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  di misi 3 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.

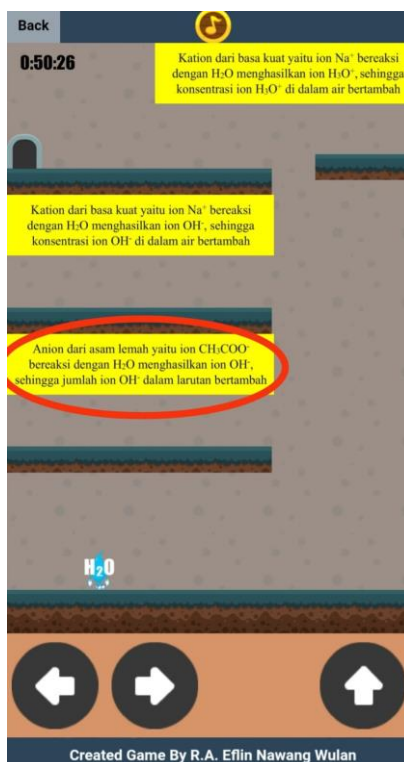


Gambar 4.33 Memilih Persamaan Kimia untuk Interaksi yang Mungkin Terjadi diantara Spesi-Spesi dalam Larutan  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  di Misi 3

Setelah melewati tantangan memilih persamaan kimia, tantangan terakhir pada misi 3 yaitu memilih kesimpulan yang benar. Pada tantangan ini pemain harus memilih satu pernyataan yang benar terkait penyebab larutan garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  bersifat basa. Pernyataan tersebut terdiri dari pilihan:

- (a) Anion dari asam lemah yaitu ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{OH}^-$ , sehingga jumlah ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan bertambah
- (b) Kation dari basa kuat yaitu ion  $\text{Na}^+$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  sehingga konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  di dalam air bertambah
- (c) Kation dari basa kuat yaitu ion  $\text{Na}^+$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  sehingga konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  di dalam air bertambah.

Untuk jawaban yang benar, pemain harus memilih pernyataan pada point a. Point b dan c adalah pengecoh dan jika yang dipilih adalah salah satu dari point tersebut maka pemain harus mengulang kembali memilih pernyataan yang benar. Pernyataan yang dijadikan pengecoh didapat dari beberapa jurnal yang meneliti mengenai miskonsepsi materi sifat asam basa larutan garam. Misi 3 ditutup dengan akumulasi jumlah skor dan misi 4 yang telah terbuka. Setelah itu, pemain dapat melanjutkan permainan ke misi 4 untuk menyelesaikan tantangan berikutnya. Gambar 4.34 merupakan gambar layar menentukan kesimpulan yang tepat terkait penyebab larutan garam  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  bersifat basa.



Gambar 4.34 Memilih Kesimpulan di Misi 3



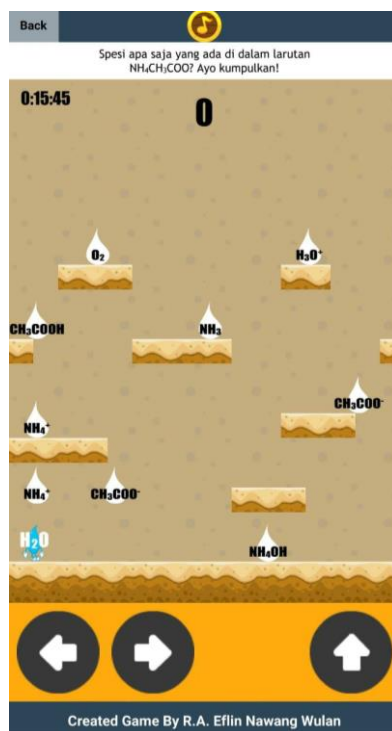
#### (4) Misi 4

Garam pada misi 4 merupakan garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah. Sifat dari larutan garam bergantung pada kekuatan relatif dari asam lemah dan basa lemah. Jika  $K_b$  anion lebih besar dari  $K_a$  kation ( $K_b > K_a$ ), larutan akan bersifat basa karena anion yang terhidrolisis lebih banyak dari kation. Dalam kesetimbangan, terdapat lebih banyak ion  $\text{OH}^-$  daripada ion  $\text{H}^+$ . Jika  $K_b$  dari anion lebih kecil dari  $K_a$  dari kation ( $K_b < K_a$ ), larutan akan bersifat asam karena kation yang terhidrolisis lebih banyak daripada anion yang terhidrolisis. Jika  $K_a$  hampir sama dengan  $K_b$  ( $K_b = K_a$ ), maka larutan akan netral. Untuk misi 4 disini menggunakan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang berasal dari  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dimana memiliki konstanta ionisasi yang sama yaitu sebesar  $1.8 \times 10^{-5}$ . Karena nilai  $K$  yang sama, jumlah ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dihasilkan oleh  $\text{NH}_4^+$  dan jumlah ion  $\text{OH}^-$  yang dihasilkan oleh ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  akan sama sehingga larutan amonium asetat bersifat netral. Tantangan yang harus diselesaikan pada misi 1 yaitu menjawab pertanyaan dari video yang ditampilkan. Video berisi percobaan yang membuktikan sifat garam tersebut dengan menggunakan kertas lakmus. Terdiri dari pilihan netral, asam, atau basa. Disini pengguna harus memilih sifat apa yang dimiliki oleh garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  jika dilarutkan ke dalam air berdasarkan hasil uji kertas lakmus yang ditampilkan pada video sebelumnya. Jika memilih netral maka jawabannya benar dan melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Jika memilih asam atau basa maka jawabannya salah dan pemain harus mengulang melihat kembali video pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Gambar 4.35 merupakan gambar layar menentukan sifat asam basa larutan garam di misi 4 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.35 Video Percobaan di Misi 4

Tantangan selanjutnya adalah mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 20 buah. Spesi tersebut merupakan spesi yang terkandung dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yaitu,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka pilihannya benar dan mendapatkan skor 1 untuk setiap spesi yang diambil. Jika skor yang didapat sudah berjumlah 20 maka pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa spesi, yaitu  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^+$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{NH}$ . Jika pemain mengambil spesi-spesi tersebut maka kembali ke tahap awal mengumpulkan spesi yang benar sesuai dengan jumlah yang diminta. Gambar 4.36 merupakan gambar layar mengumpulkan spesi di misi 4 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.36 Mengumpulkan Spesi di Misi 4

Tantangan selanjutnya yaitu memilih persamaan kimia yang benar. Pertama, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}_{(aq)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$
- (b)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}_{(aq)}$
- (c)  $\text{NH}_4\text{OH}_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (d)  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- (e)  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (f)  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (g)  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \nrightarrow$
- (h)  $\text{NH}_4_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4(\text{OH})_{(aq)} + \text{H}_2_{(g)}$

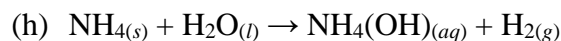
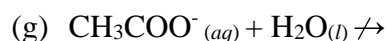
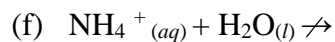
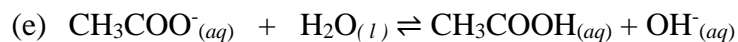
Gambar 4.37 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul H<sub>2</sub>O di misi 4 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.37 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi Air di Misi 4

Kedua, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO didalam air. Jika pemain memilih persamaan kimia NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO<sub>(aq)</sub> → NH<sub>4</sub><sup>+</sup><sub>(aq)</sub> + CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup><sub>(aq)</sub> maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO didalam air yang benar. Persamaan kimia pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (b)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(s) \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(aq)$
- (c)  $\text{NH}_4\text{OH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- (d)  $\text{NH}_4^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{NH}_3(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$



Gambar 4.38 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk reaksi pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  didalam air di misi 4 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.38 Memilih Persamaan Kimia untuk Reaksi Pelarutan Garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di Misi 4

Ketiga, pemain harus menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Jika pemain memilih persamaan kimia  $\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_3(aq) + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$  maka pilihannya benar dan pemain dapat memasuki pintu diujung jalan *game* untuk melanjutkan ke tantangan selanjutnya. Disini pemain dikecoh dengan beberapa persamaan kimia yang jika diambil maka pemain harus kembali ke tahap awal memilih persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi

diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang benar. Persamaan kimia sebagai pengecoh tersebut terdiri dari:

- (a)  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{OH}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (b)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(aq) \rightarrow \text{NH}_4^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$
- (c)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(s) \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(aq)$
- (d)  $\text{NH}_4\text{OH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightarrow \text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
- (e)  $\text{NH}_4^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \nrightarrow$
- (f)  $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \nrightarrow$
- (g)  $\text{NH}_4(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{NH}_4(\text{OH})(aq) + \text{H}_2(g)$

Gambar 4.39 dan gambar 4.40 merupakan gambar layar menentukan dengan benar persamaan kimia untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di misi 4 pada *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.39 Memilih Persamaan Kimia untuk Interaksi yang Mungkin Terjadi diantara Spesi-Spesi dalam Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di Misi 4 (1)



Gambar 4.40 Memilih Persamaan Kimia untuk Interaksi yang Mungkin Terjadi diantara Spesi-Spesi dalam Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di Misi 4 (2)

Setelah melewati tantangan memilih persamaan kimia, tantangan terakhir pada misi 4 yaitu memilih kesimpulan yang benar. Pada tantangan ini pemain harus memilih satu pernyataan yang benar terkait penyebab larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral. Pernyataan tersebut terdiri dari pilihan:

- Garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral karena memiliki konstanta ionisasi yang sama.
- Larutan garam yang terhidrolisis total seperti garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  selalu bersifat netral karena garamnya berasal asam lemah dan basa lemah.
- Garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang berasal dari dan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  memiliki konstanta ionisasi yang berbeda

Untuk jawaban yang benar, pemain harus memilih pernyataan pada point a. Point b dan c adalah pengecoh dan jika yang dipilih adalah salah satu dari point tersebut maka pemain harus mengulang kembali memilih pernyataan yang benar. Pernyataan yang dijadikan pengecoh didapat dari beberapa jurnal yang meneliti mengenai miskonsepsi materi sifat asam basa

larutan garam. Misi 4 ditutup dengan akumulasi jumlah skor dan penguatan konsep yang telah terbuka. Gambar 4.41 merupakan gambar layar menentukan kesimpulan yang tepat terkait penyebab larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral.



Gambar 4.41 Memilih Kesimpulan di Misi 4

#### (5) Penguatan Konsep

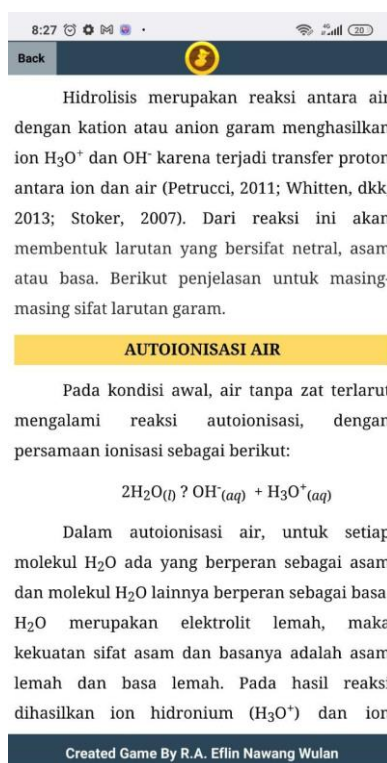
Setelah menyelesaikan keempat misi mengenai garam yang bersifat netral, asam, basa, dan dapat asam, basa, atau netral maka layar penguatan konsep yang sebelumnya terkunci sudah dapat dibuka oleh pemain. Tujuan penguatan konsep diletakkan diakhir setelah pemain menyelesaikan semua misi adalah sebagai tambahan untuk lebih memperkuat konsep mengenai materi sifat asam basa larutan garam yang didapat pada setiap misi yang telah diselesaikan. Penguatan konsep terdiri dari lima penjelasan utama yaitu mengenai:

- (a) Autoionisasi air
- (b) Mengapa suatu larutan garam dapat bersifat netral?
- (c) Mengapa suatu larutan garam dapat bersifat asam?
- (d) Mengapa suatu larutan garam dapat bersifat basa?



- (e) Mengapa suatu larutan garam yang dapat bersifat netral atau asam atau basa?

Kelima penjelasan utama ini bertujuan agar pengguna dapat menerima informasi secara sempurna yang telah sesuai dengan prinsip *signalling* dari Mayer. Gambar 4.42 merupakan gambar layar awal penguatan konsep dalam *game* edukasi materi sifat asam basa larutan garam.



Gambar 4.42 Layar Awal Penguatan Konsep

### 4.3 Validasi *Game* Edukasi berbasis Intertekstual pada Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

Setelah dilakukan pengembangan *game* edukasi berbasis intertekstual langkah selanjutnya adalah validasi produk yang dikembangkan. Validasi produk ini bertujuan untuk menentukan kelayakan produk *game* edukasi. Validasi *game* edukasi mencakup tiga aspek yaitu aspek konseptual, aspek pedagogik dan aspek multimedia.

#### 4.3.1 Hasil Validasi *Game* Edukasi Pada Aspek Konten

Validasi *game* edukasi pada aspek konten berkaitan dengan kebenaran konten, level representasi, dan pertautan antar level representasi dalam *game* edukasi. Validasi ini dilakukan oleh ahli konten yang merupakan dosen kimia.

Lembar validasi *game* edukasi pada aspek konten dapat dilihat pada lampiran 7 (Hal. 337).

Berdasarkan hasil validasi aspek konten, terdapat beberapa saran dari validator. Untuk kriteria kebenaran konten, salah satu validator mengomentari spesi-spesi yang terkandung dalam larutan garam. Salah satu contohnya yaitu spesi-spesi yang terkandung dalam larutan garam NaCl. Dalam larutan NaCl bukan hanya ada ion  $\text{Na}^+$ , ion  $\text{Cl}^-$ , ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan ion  $\text{OH}^-$  saja, tetapi juga ada molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Sehingga validator menyarankan untuk ditambahkan molekul  $\text{H}_2\text{O}$  pada pilihan spesi yang benar untuk semua misi. Validator juga mengomentari senyawa asam lemah yang kurang tepat dijadikan pengecoh pada pemilihan spesi. Seperti pada larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dimana sebelumnya  $\text{CH}_3\text{COOH}$  adalah pengecoh dan validator menyarankan untuk menggantinya menjadi pilihan spesi yang benar. Hal ini dikarenakan untuk senyawa asam asetat yang terionisasi hanyalah sebagian kecil sedangkan sisanya masih dalam molekul asam asetatnya, sehingga dalam larutan garam tersebut tetap ada molekul asam asetatnya.

Untuk kriteria level representasi dan pertautannya, salah satu validator menyarankan untuk menekankan aspek makroskopik setiap larutan garam pada setiap misi. Sehingga, video pelarutan garam yang sebelumnya kurang jelas dibuat lebih dekat dan perlahan agar lebih jelas pada saat memperlihatkan perubahan warna pada kertas lakmus. Kemudian, untuk memilih persamaan kimia dan kesimpulan yang muncul setelah memilih spesi sebelumnya dibuat dalam bentuk kuis. Disini, agar lebih saling terkait dan menantang, validator menyarankan untuk dibuat dalam bentuk permainan juga seperti pada pemilihan spesi. Untuk itu, tantangan *game* edukasi ini akhirnya terdiri dari empat tantangan utama dalam setiap misi yaitu menentukan sifat asam basa larutan garam, memilih spesi yang terkandung dalam larutan garam, menentukan persamaan kimia, dan menentukan kesimpulan.

Berdasarkan hasil validasi ahli konten, dilakukan perbaikan pada beberapa aspek konten dalam *game* edukasi yang dikembangkan, yaitu perbaikan dan penambahan pada spesi dan reaksi, penekanan pada aspek makroskopik, dan penambahan tantangan pada *game* dengan menjadikan persamaan kimia dan

menentukan kesimpulan yang dibuat menjadi permainan agar setiap aspek lebih saling bertautan.

#### 4.3.2 Hasil Validasi *Game* Edukasi pada Aspek Pedagogi

Validasi *game* edukasi pada aspek pedagogi berkaitan dengan prinsip-prinsip belajar yang diterapkan dalam *game* edukasi. Validasi ini dilakukan oleh ahli pedagogi yang merupakan dosen Pendidikan kimia. Lembar validasi *game* edukasi pada aspek pedagogi dapat dilihat pada lampiran 8 (Hal. 351).

Validator menyatakan *game* edukasi yang dikembangkan telah memenuhi kriteria validasi. Materi pada *game* edukasi telah sesuai dengan kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi. Materi juga telah disusun berdasarkan urutan materi sederhana ke kompleks, factual ke konseptual, dan konkret ke abstrak. *Game* edukasi yang dikembangkan juga tidak menimbulkan miskonsepsi bagi siswa.

Saran dari beberapa validator diantaranya adalah mengenai memilih kesimpulan yang tepat. Seperti pada misi 4, validator menyarankan agar lebih relevan, kesimpulan dibuat tidak terlalu menjelaskan yang tidak terkait dengan tantangan pada misi 4. Dikarenakan sifat garam yang terdapat pada misi 4 adalah sifat garam yang bersifat netral, untuk itu kesimpulan yang sebelumnya bertuliskan kalimat “garam dari asam lemah dan basa lemah mengandung kation dan anion yang dapat bereaksi dengan air dimana sifat garam tersebut adalah bisa netral, asam, atau basa tergantung pada nilai  $K_a$  dan  $K_b$  dari asam dan basa yang bereaksi dan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  memiliki konstanta ionisasi yang sama” dibuat lebih ringkas menjadi “Garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral karena memiliki konstanta ionisasi yang sama”. Sedangkan untuk penjelasan mengenai bagaimana suatu garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah dapat bersifat asam atau basa yang tidak dapat di cover pada misi 4 sebaiknya diletakkan pada penguatan konsep dengan disertai contoh garamnya. Hal ini dilakukan agar tidak menimbulkan miskonsepsi.

Selain itu, salah satu validator menyarankan menambahkan reaksi kesetimbangan untuk autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  dan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Penambahan ini dilakukan pada tantangan menentukan persamaan kimia dan diletakkan diawal sebelum menentukan persamaan kimia selanjutnya. Validator menyarankan hal ini agar penentuan persamaan kimia lebih urut dan

diawal pengguna dapat melihat kesetimbangan yang terjadi didalam air (autoionisasi air).

Berdasarkan hasil validasi aspek pedagogi,dilakukan perbaikan pada beberapa aspek pedagogi dalam *game* edukasi, yakni perubahan kalimat kesimpulan pada garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di misi 4 dan penambahan reaksi autoionisasi air pada awal tantangan menentukan persamaan kimia.

#### **4.3.3 Hasil Validasi *Game* Edukasi pada Aspek Multimedia**

Validasi *game* edukasi pada aspek multimedia berkaitan dengan aspek tampilan dan prinsip-prinsip multimedia menurut Mayer dan prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth yang diterapkan dalam *game* edukasi. Validasi ini dilakukan oleh ahli multimedia yang merupakan lulusan pascasarjana program teknologi pembelajaran di salah satu Universitas di Indonesia. Lembar validasi *game* edukasi pada aspek multimedia dapat dilihat pada lampiran 9 (Hal. 354).

Validator menyatakan bahwa *game* edukasi yang dikembangkan telah memenuhi kriteria validasi aspek multimedia. Tampilan dalam *game* edukasi telah baik dan *game* edukasi yang dikembangkan telah memenuhi prinsip-prinsip multimedia menurut Mayer dan prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth.

Untuk aspek tampilan, validator memberikan saran untuk perbaikan kata pada beberapa fungsi tombol. Pertama, pada saat mendaftarkan akun untuk mengganti tombol jenis kelamin menjadi jenjang pendidikan dengan pilihan sebagai berikut:

- (a) Siswa SMA, yang terdiri dari pilihan:
  - Kelas X
  - Kelas XI
  - Kelas XII
- (b) Mahasiswa, yang terdiri dari pilihan:
  - Tingkat S1
  - Tingkat S2
  - Tingkat S3
- (c) Guru
- (d) Umum

Kedua, tombol profil pada layar cover dihilangkan dan dibuat nama pengembang langsung muncul di awal layar. Ketiga, mengganti tombol bertuliskan kata “materi” menjadi “penguatan konsep”. Selain itu, validator juga memberikan saran untuk warna spesi di bagian pemilihan spesi di kombinasi gelap-terang agar tulisannya lebih terlihat jelas.

Untuk aspek prinsip-prinsip multimedia pembelajaran menurut Mayer, sebaiknya ditekankan prinsip *signaling* (sinyalisasi) pada setiap layar dalam *game* edukasi. Prinsip ini diwujudkan dalam bentuk kalimat perintah dan ajakan. Untuk beberapa kalimat perintah disini terdapat beberapa saran tambahan dan perbaikan dari validator. Seperti, dibawah video untuk memilih sifat asam basa larutan garam ditambahkan pertanyaan “Berdasarkan tayangan video diatas, maka sifat apa yang dimiliki oleh garam NaCl jika dilarutkan ke dalam air?”. Selain itu, kalimat pada layar memilih spesi “Saya air, saya pelarut, maka saya harus mengumpulkan zat terlarut, bantu saya mengumpulkan zat tersebut” diganti menjadi “Spesi apa saja yang ada di dalam larutan NaCl? Ayo Kumpulkan!”

Untuk aspek prinsip-prinsip merancang *game* edukasi menurut Reigeluth, untuk memenuhi salah satu visi *game* pembelajaran yaitu memiliki tingkat kesulitan, validator memberikan saran jumlah spesi yang berjumlah 20 buah yang harus dipilih pada keempat misi diubah jumlahnya. Perubahan jumlah ini dibuat beragam dengan bertingkat. Sehingga, tantangan pada memilih spesi untuk setiap misi menjadi mengumpulkan spesi yang benar sebanyak 5 buah pada misi 1, 10 buah pada misi 2, 15 buah pada misi 3, dan 20 buah pada misi 4. Selain itu, untuk elemen ruang berupa aturan permainan juga terdapat beberapa saran dari validator. Pertama, kata “dan seterusnya” pada kalimat “Misi 2 dan seterusnya belum bisa dibuka sebelum misi 1 diselesaikan terlebih dahulu” diganti menjadi “misi 3, dan misi 4”. Kedua, kalimat “Untuk bermain dilaptop tekan tombol panah kanan,kiri dan atas untuk menggerakkan karakter pada keyboard” diganti menjadi “Untuk bermain dilaptop, pada keyboard tekan tombol panah kanan,kiri dan atas untuk menggerakkan karakter. Ketiga, ditambahkan petunjuk mengenai karakter H<sub>2</sub>O dalam permainan yaitu “Karakter H<sub>2</sub>O berperan sebagai air yang berfungsi untuk pelarutan garam yang digunakan sebagai karakter untuk bermain” Perubahan dan

penambahan petunjuk dilakukan agar tidak menimbulkan kebingungan pada pengguna.

Berdasarkan hasil validasi multimedia, dilakukan beberapa perbaikan, yakni perubahan kata pada beberapa fungsi tombol, lebih menekankan prinsip *signaling* (sinyalisasi) pada setiap layar dalam *game* edukasi dengan memperbaiki kalimat perintah, lebih memenuhi salah satu visi *game* pembelajaran yaitu memberikan tingkat kesulitan, dan lebih memenuhi aspek elemen ruang berupa aturan permainan dibuat menjadi lebih jelas.

#### **4.4 Profil Model Mental Menggunakan TDM-IAE**

Pada bagian ini dibahas lebih rinci profil model mental siswa pada materi sifat asam basa larutan garam menggunakan tes diagnostik model *interview about event* (TDM-IAE). Profil model mental siswa diperoleh melalui transkripsi hasil wawancara. Hasil transkripsi tersebut kemudian dibuat suatu pola jawaban siswa yang menunjukkan profil model mentalnya. Profil model mental siswa dipetakan dari enam siswa yang berasal dari tiga kelompok dengan kemampuan berbeda terdiri dari dua orang kemampuan tinggi, dua orang kemampuan sedang, dan dua orang kemampuan rendah. Penentuan kemampuan ini didasarkan pada penilaian guru terhadap prestasi siswa pada mata pelajaran kimia selama satu semester.

##### **4.4.1 Profil Model Mental Menggunakan TDM-IAE Sebelum Uji Coba**

Deskripsi profil model mental siswa dilakukan dengan mengajukan pertanyaan kepada responden berdasarkan pedoman wawancara. Jawaban siswa kemudian ditranskripsikan. Transkripsi merupakan proses penulisan jawaban siswa baik yang disampaikan melalui tulisan maupun secara verbal saat diwawancarai. Bentuk tulisan siswa selama di wawancarai dapat berupa perhitungan maupun persamaan kimia. Transkripsi hasil wawancara secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 10 (Hal. 357).

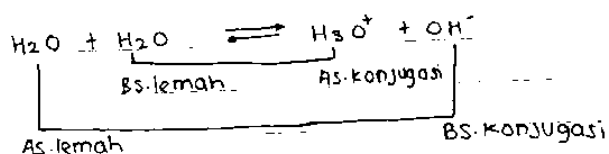
Setelah proses wawancara dan transkripsi, jawaban siswa dituangkan ke dalam pola jawaban yang menggambarkan profil model mentalnya.

##### **1) Profil Model Mental Siswa 1**

Berdasarkan Gambar 4.4 pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 1 dapat menjawab dengan benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus

berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 1 menuliskan untuk persamaan kimia untuk reaksi ionisasi air berlangsung dalam dua arah, dan menyatakan partikel yang dihasilkan dari reaksi tersebut yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

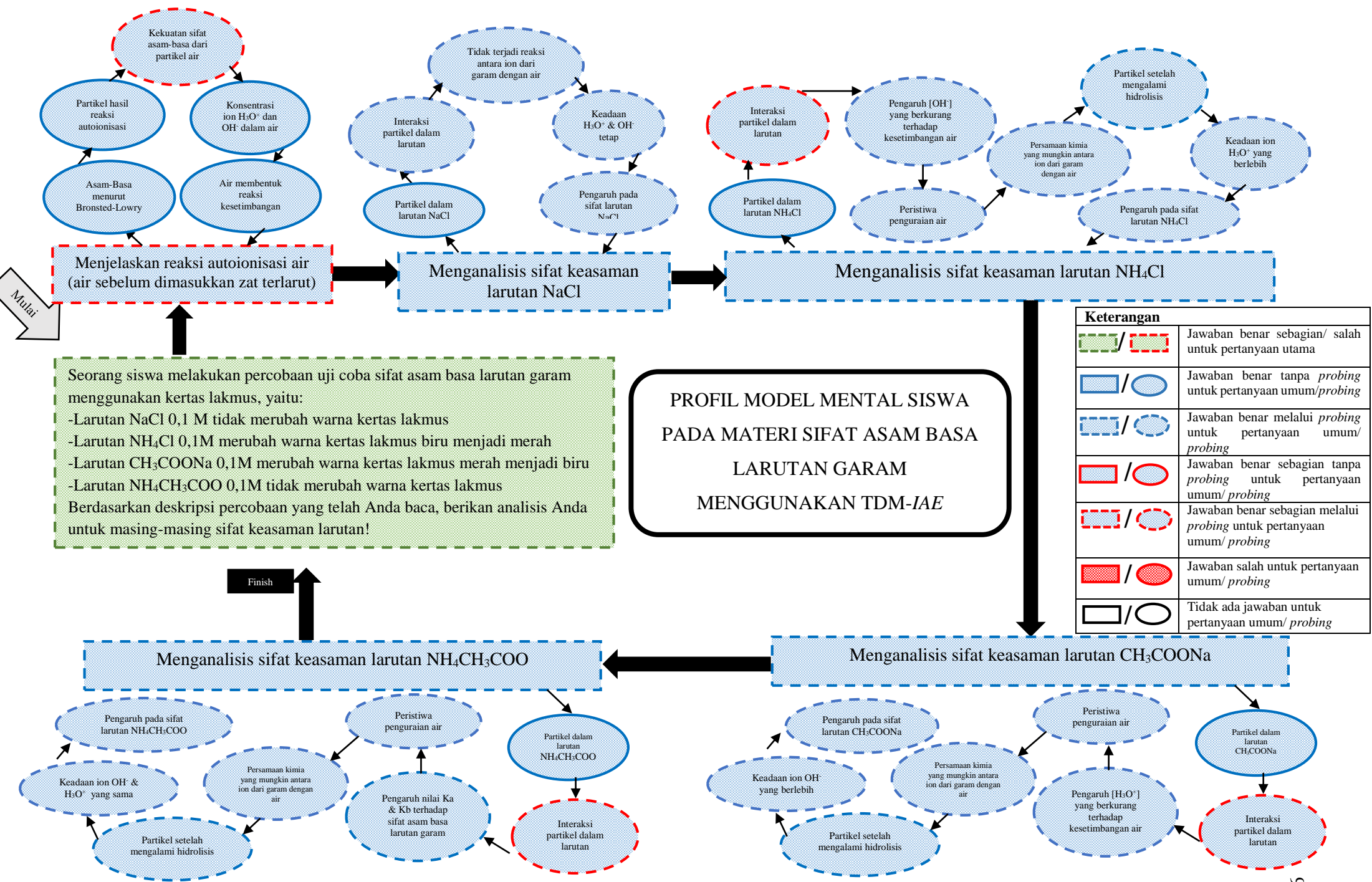
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 dan 2 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry dan partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 1 mengungkapkan bahwa asam menurut Bronsted-Lowry berperan sebagai pendonor  $\text{H}^+$  dan basa menurut Bronsted-Lowry berperan sebagai akseptor  $\text{H}^+$ . Untuk hasil dari reaksi autoionisasi tersebut adalah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.43 Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi  $\text{H}_2\text{O}$  yang dituliskan oleh Siswa 1

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 mengenai kekuatan sifat asam-basa masing-masing partikel dalam air, siswa 1 mengungkapkan bahwa kekuatan sifat dari masing-masing pereaksi untuk molekul  $\text{H}_2\text{O}$  adalah asam lemah dan basa lemah. Saat  $\text{H}_2\text{O}$  yang bersifat asam lemah dan basa lemah tersebut bereaksi maka akan menghasilkan produk yang sifatnya kuat. Karena itu sifat dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sebagai asam konjugasi kuat dan basa konjugasi kuat.

Untuk pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai konsentrasi ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam air dan peran ionisasi air membentuk kesetimbangan, siswa 1 mengungkapkan bahwa untuk ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air ada dalam jumlah yang hanya sedikit. Hal ini dikarenakan reaksi ionisasi air berlangsung bolak-balik sehingga ion-ion yang dihasilkan sedikit.



Seorang siswa melakukan percobaan uji coba sifat asam basa larutan garam menggunakan kertas lakmus, yaitu:

- Larutan NaCl 0,1 M tidak merubah warna kertas lakmus
- Larutan NH<sub>4</sub>Cl 0,1M merubah warna kertas lakmus biru menjadi merah
- Larutan CH<sub>3</sub>COONa 0,1M merubah warna kertas lakmus merah menjadi biru
- Larutan NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO 0,1M tidak merubah warna kertas lakmus

Berdasarkan deskripsi percobaan yang telah Anda baca, berikan analisis Anda untuk masing-masing sifat keasaman larutan!

**PROFIL MODEL MENTAL SISWA  
PADA MATERI SIFAT ASAM BASA  
LARUTAN GARAM  
MENGGUNAKAN TDM-IAE**

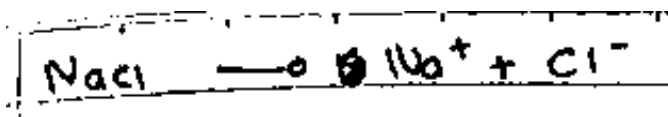
Keterangan	
	Jawaban benar sebagian/ salah untuk pertanyaan utama
	Jawaban benar tanpa probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar melalui probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar sebagian tanpa probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar sebagian melalui probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban salah untuk pertanyaan umum/probing
	Tidak ada jawaban untuk pertanyaan umum/probing

Gambar 4.44 Profil Model Mental Siswa 1



Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl”, siswa 1 dapat menjawab dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 1 menjelaskan bahwa larutan NaCl bersifat netral karena merupakan larutan yang tidak dapat mengalami reaksi hidrolisis disebabkan pembentuknya berasal dari asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH).

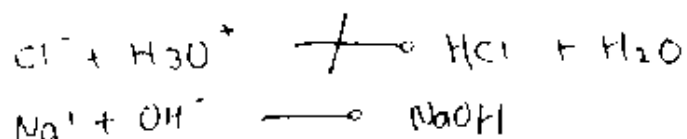
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan NaCl, siswa 1 mengungkapkan bahwa padatan garam NaCl saat dimasukkan ke dalam air akan larut seluruhnya menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.45 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 1

Menurut siswa 1, partikel-partikel yang terdapat dalam larutan NaCl di antaranya yaitu  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel dalam larutan NaCl dan tidak adanya partikel yang bereaksi, siswa 1 mengungkapkan bahwa interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat bereaksi membentuk NaOH, dan interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat bereaksi membentuk HCl. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus mengenai kekuatan sifat asam-basa dari masing-masing partikel dalam larutan NaCl, siswa 1 mengungkapkan bahwa ion  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah karena berpasangan dengan asam kuat HCl, sedangkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat sehingga tidak dapat mengalami reaksi. Begitu juga untuk  $\text{Na}^+$  yang merupakan asam konjugasi lemah dengan  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat tidak akan mengalami suatu reaksi. Siswa 1 mengungkapkan bahwa walaupun sifat  $\text{OH}^-$  sebagai basa kuat,  $\text{OH}^-$  tidak akan mendapatkan proton karena  $\text{Na}^+$  merupakan asam yang sangat lemah sehingga tidak memiliki kemampuan untuk memberikan proton kepada  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



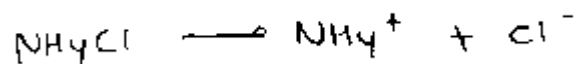
Gambar 4.46 Reaksi Ion-Ion dalam Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 1  
Sebelum diberikan Pertanyaan *Probing*

Siswa 1 menuliskan dengan benar arah panah pada reaksi  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yaitu arah panah reaksi dicoret yang artinya tidak dapat bereaksi. Sedangkan arah panah reaksi yang tidak tepat untuk persamaan kimia untuk reaksi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Pada pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air yang tetap dan pengaruhnya terhadap sifat larutan NaCl, siswa 1 mengungkapkan bahwa ion-ion dari garam baik  $\text{Na}^+$  maupun  $\text{Cl}^-$  tidak ada yang mengalami reaksi dengan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  maupun ion  $\text{OH}^-$  dari air, dengan demikian kesetimbangan air tetap. Hal ini menyebabkan larutan NaCl bersifat netral. Dengan masuknya garam NaCl ke dalam air tidak akan mengganggu kesetimbangan air, hanya sebagai ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  saja.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 1 dapat menjawab dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 1 mengungkapkan bahwa sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  adalah asam. Hal ini dikarenakan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dibentuk dari HCl yang merupakan asam kuat dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang merupakan basa lemah. Dari jawaban tersebut, terlihat bahwa siswa 1 menentukan sifat larutan berdasarkan asam pembentuknya yang bersifat asam kuat. Namun di sisi lain, siswa 1 menjelaskan bahwa berdasarkan percobaan sebelumnya yaitu larutan NaCl, ion yang dapat bereaksi dengan air adalah ion yang pembentuknya bukan berasal dari asam kuat atau basa kuat. Sehingga untuk percobaan pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ion yang bisa bereaksi dengan air adalah ion yang pembentuknya berasal dari basa lemah yaitu  $\text{NH}_4^+$ . Menurut siswa 1, ion  $\text{NH}_4^+$  akan mengganggu kesetimbangan air sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{NH}_4^+$  yang bermuatan positif akan berikatan dengan ion  $\text{OH}^-$  yang bermuatan negatif untuk membentuk  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{H}^+$  dari air. Berdasarkan jawaban tersebut, terlihat bahwa siswa 1 menganggap sifat asam pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dikarenakan adanya ion  $\text{H}^+$ . Namun siswa 1 tidak dapat menggambarkan dengan lebih jelas keadaan  $\text{H}^+$  dalam larutan tersebut.

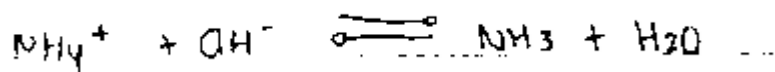
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 1 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  saat dimasukkan ke dalam air akan larut seluruhnya menjadi ion-ion. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.47 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 1

Menurut siswa 1, partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di antaranya yaitu  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang mungkin terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  siswa mengungkapkan interaksi ion-ion yang mungkin mengalami reaksi adalah interaksi antara ion  $\text{NH}_4^+$  dengan ion  $\text{OH}^-$ . Sedangkan untuk interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak akan terjadi reaksi karena kemampuan untuk mentransfer protonnya berbeda artinya  $\text{Cl}^-$  yang merupakan basa konjugasi lebih lemah dari air tidak dapat menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Siswa 1 menuliskan persamaan kimia untuk reaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  sebagai berikut



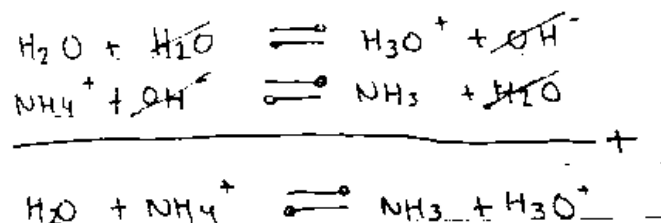
Gambar 4.48 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 1 Setelah diberikan *Probing*

Untuk penjelasan yang diberikan siswa 1 mengenai arah panah reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang berlangsung bolak-balik tidak tepat. Siswa 1 mengungkapkan bahwa reaksi bolak balik ini dapat berlangsung karena kekuatan sifat pada hasil reaksi yakni  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai basa lemah dan asam lemah.

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air dan peristiwa penguraian air, siswa 1 mengungkapkan bahwa konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  semakin lama semakin sedikit, sedangkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Hal ini menyebabkan gangguan pada kesetimbangan air. Untuk mengurangi gangguan tersebut maka terjadi pergeseran kesetimbangan. Kesetimbangan bergeser ke arah

$\text{OH}^-$  dengan cara menguraikan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah air terurai, konsentrasi  $\text{OH}^-$  tetap sedikit karena digunakan untuk bereaksi, sedangkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  menjadi lebih banyak.

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, ketika siswa 1 diberikan *probing*, mulanya menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



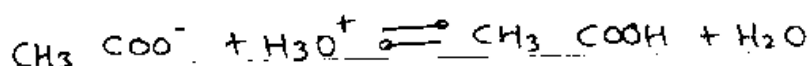
Gambar 4.49 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 1

Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis membentuk suatu reaksi bolak-balik, tetapi alasan yang diberikan masih kurang tepat. Menurutnya karena  $\text{NH}_3$  adalah basa lemah sehingga dapat bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan kembali membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Reaksi hidrolisis dapat berlangsung dikarenakan  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam yang lebih kuat daripada air maka dapat mendonorkan protonnya kepada  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami hidrolisis, siswa 1 mengungkapkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang mana konsentrasinya lebih besar dibandingkan  $\text{OH}^-$ , serta  $\text{Cl}^-$  yang tidak bereaksi dengan air. Pada pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 1 mengungkapkan bahwa akibat adanya peristiwa pergeseran kesetimbangan air mempengaruhi sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dimana menunjukkan sifat asam karena di dalam larutan tersebut konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  sangat banyak.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 1 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 1 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  merupakan larutan yang bersifat basa. Menurutnya ion yang dapat bereaksi dengan air pada percobaan larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ini adalah ion yang pembentuknya berasal dari asam lemah yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Siswa 1 menyatakan bahwa  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  akan mengganggu kesetimbangan air sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang bermuatan negatif akan bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bermuatan positif untuk membentuk  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{OH}^-$  dari air.

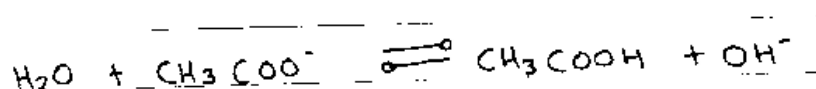
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 1 mengungkapkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya ada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang mungkin terjadi reaksi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 1 mengungkapkan interaksi ion-ion yang mungkin mengalami reaksi yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat mengalami reaksi karena kemampuan mentransfer protonnya sama-sama kuat.  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa konjugasi yang lebih kuat dari air sehingga memiliki kecenderungan untuk menangkap proton yang berasal dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi kuat yang berperan untuk mendonorkan proton. Sedangkan alasan penulisan persamaan kimia untuk reaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berlangsung bolak-balik tidak tepat. Siswa 1 mengungkapkan bahwa sifat dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan basa lemah sehingga dapat melangsungkan reaksi balik menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat basa kuat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) dan asam kuat ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ).



Gambar 4.50 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 1

Untuk pertanyaan *probing* umum 3, 4, dan 5 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air, peristiwa penguraian air, dan

persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, siswa 1 mengungkapkan bahwa konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan konsentrasi  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Hal ini menyebabkan terjadinya gangguan pada kesetimbangan air. Sehingga untuk mengurangi gangguan tersebut maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan cara menguraikan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah air mengalami reaksi penguraian, konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  tetap sedikit karena digunakan untuk bereaksi, sedangkan konsentrasi  $\text{OH}^-$  menjadi lebih banyak. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.51 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 1

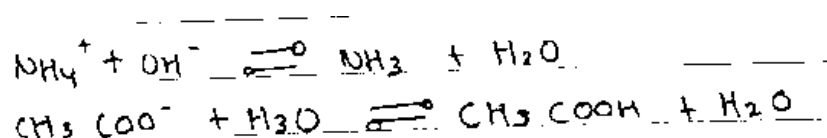
Namun alasan yang diberikan masih kurang tepat pada penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis membentuk suatu reaksi bolak-balik. Hal ini karena menurut siswa 1  $\text{CH}_3\text{COOH}$  adalah asam lemah, maka dapat bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  dan kembali membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  serta  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Dapat berlangsungnya reaksi hidrolisis karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat daripada air sehingga dapat menarik proton dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 1 mengungkapkan terdapat partikel di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya lebih besar dibandingkan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{Na}^+$  yang tidak bereaksi dengan air. Untuk pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 1 mengungkapkan akibat peristiwa pergeseran kesetimbangan air mempengaruhi sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yakni menunjukkan sifat basa karena di dalam larutan tersebut jumlah  $\text{OH}^-$  sangat banyak

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 1 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 1 mengungkapkan bahwa larutan

$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  merupakan larutan yang bersifat netral. Menurutny kedua ion dapat bereaksi dengan air pada percobaan larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Hal ini karena ion pembentuknya berasal dari asam lemah dan basa lemah yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Siswa 1 menyatakan bahwa  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$  akan mengganggu kesetimbangan air sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{NH}_4^+$  yang bermuatan positif akan bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  yang bermuatan negatif untuk membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dari air dan ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang bermuatan negatif akan bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bermuatan positif untuk membentuk  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Namun, siswa 1 masih belum dapat menggambarkan dengan jelas keadaan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{H}^+$  dalam air.

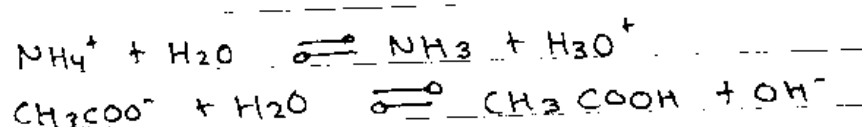
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 1 mengungkapkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di antaranya ada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang mungkin terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 1 mengungkapkan kedua ion sama-sama dapat bereaksi yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  serta  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Kedua ion tersebut dapat bereaksi karena memiliki kecenderungan lebih kuat dari air. Sedangkan alasan penulisan persamaan kimia untuk reaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang berlangsung bolak-balik tidak tepat. Siswa 1 mengungkapkan bahwa sifat dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan basa lemah sehingga dapat melangsungkan reaksi balik menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat basa kuat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) dan asam kuat ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Begitu pula sifat dari  $\text{NH}_3$  yang merupakan basa lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan basa lemah sehingga dapat melangsungkan reaksi balik menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat asam kuat ( $\text{NH}_4^+$ ) dan basa kuat ( $\text{OH}^-$ ).



Gambar 4.52 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dituliskan oleh Siswa 1

Untuk pertanyaan *probing* umum 3, 4, dan 5 mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam, peristiwa penguraian air, dan persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, siswa 1

mengungkapkan walaupun tidak mengetahui pasti konstanta dari  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  tetapi keduanya memiliki konstanta yang sama sehingga bersifat netral. Konstanta yang sama tersebut menyebabkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  adalah sama banyak, sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  terurai sama banyak menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Siswa 1 juga dapat menjawab sifat asam basa larutan garam ketika nilai  $K_a > K_b$  ataupun  $K_a < K_b$ . Persamaan kimia untuk reaksi yang dituliskan siswa 1 digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.53 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 1

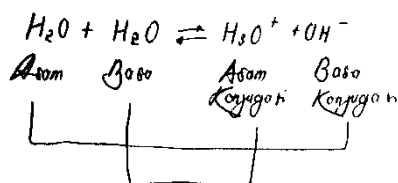
Untuk pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 1 mengungkapkan terdapat partikel di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan jumlah konsentrasi yang sama. Untuk pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 1 mengungkapkan akibat nilai  $K_a$  dan  $K_b$  yang sama peristiwa terurainya air oleh molekul garam berlangsung dengan kekuatan yang sama sehingga mempengaruhi sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yakni bersifat netral karena di dalam larutan tersebut jumlah  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  adalah sama banyak.

Berdasarkan uraian di atas, siswa 1 menjawab benar sebagian untuk pertanyaan utama. Ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 1 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ” siswa 1 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ” siswa 1 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ” siswa 1 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 1 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*.



## 2) Profil Model Mental Siswa 2

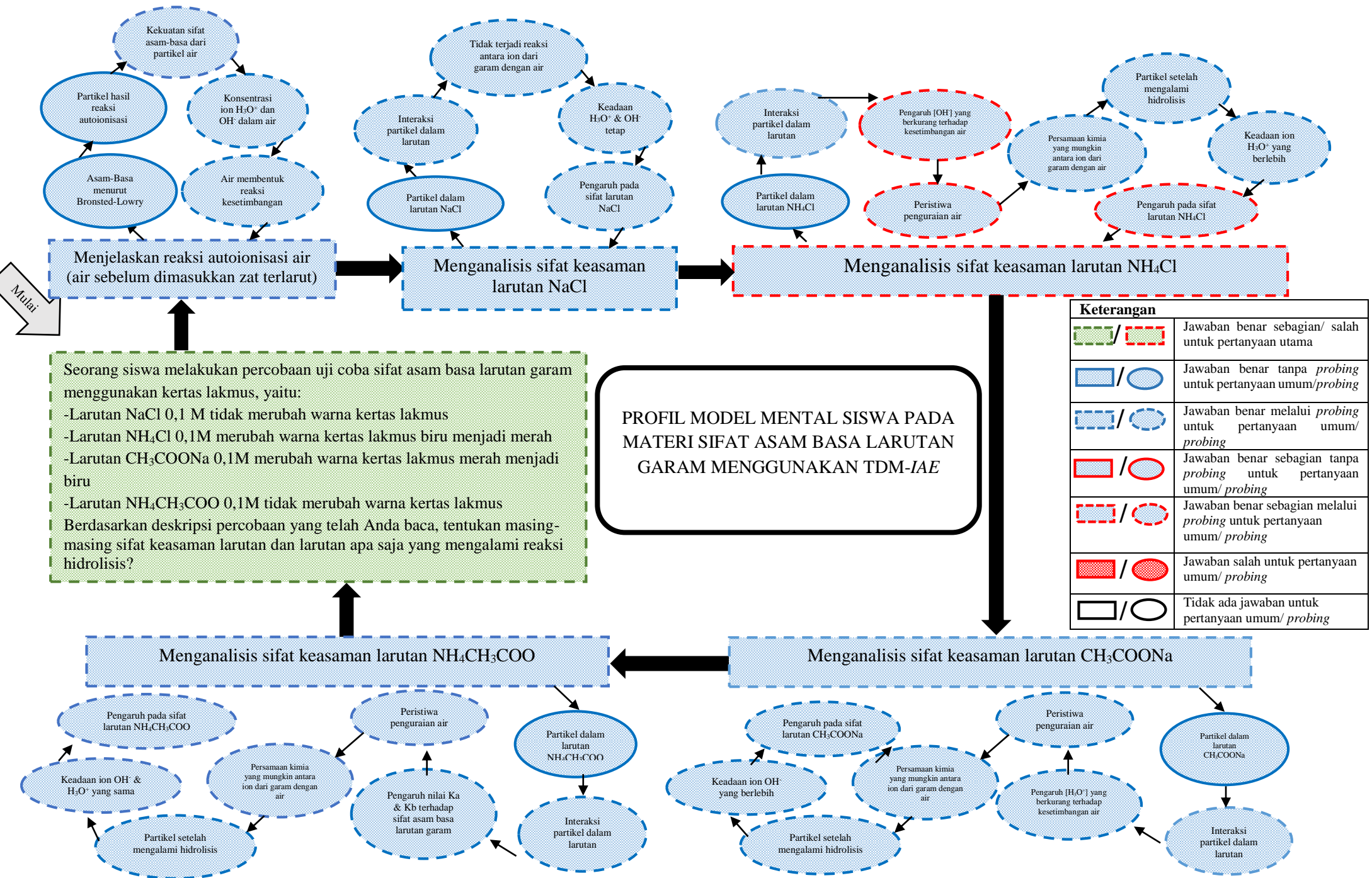
Berdasarkan Gambar 4.1 pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 2 dapat menjawab dengan benar setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 2 menuliskan persamaan kimia untuk reaksi ionisasi air hanya berlangsung satu arah. Untuk pertanyaan *probing* umum 1 dan 2 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry dan partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 2 mengungkapkan bahwa menurut Bronsted-Lowry asam berperan untuk mendonorkan proton dan basa berperan sebagai akseptor proton. Hasil dari reaksi ionisasi dua molekul  $H_2O$  adalah  $H_3O^+$  dan  $OH^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.54 Persamaan Kimia untuk Reaksi Ionisasi  $H_2O$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 mengenai kekuatan sifat asam-basa dari masing-masing partikel dalam air, siswa 2 mengungkapkan bahwa  $H_2O$  merupakan elektrolit lemah. Oleh karena itu, siswa 2 menyatakan bahwa kekuatan sifat bagian pereaksi  $H_2O$  adalah sebagai asam lemah dan basa lemah.  $H_3O^+$  merupakan asam konjugasi kuat dari basa lemah  $H_2O$  dan  $OH^-$  merupakan basa konjugasi kuat dari asam lemah  $H_2O$ . Siswa 2 mengungkapkan bahwa reaksi ionisasi air ini berlangsung dalam dua arah karena  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  adalah asam konjugasi kuat dan basa konjugasi kuat sehingga dapat bereaksi kembali membentuk  $H_2O$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai keadaan ion-ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  dalam air dan peran ionisasi air yang membentuk kesetimbangan, siswa 2 mengungkapkan bahwa ion-ion dari air tersebut berada dalam jumlah yang hanya sedikit dikarenakan reaksi yang berlangsung tidak sempurna. Reaksi ionisasi air yang berlangsung bolak-balik sehingga membentuk kesetimbangan.



Seorang siswa melakukan percobaan uji coba sifat asam basa larutan garam menggunakan kertas lakmus, yaitu:

- Larutan NaCl 0,1 M tidak merubah warna kertas lakmus
- Larutan NH<sub>4</sub>Cl 0,1M merubah warna kertas lakmus biru menjadi merah
- Larutan CH<sub>3</sub>COONa 0,1M merubah warna kertas lakmus merah menjadi biru
- Larutan NH<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>COO 0,1M tidak merubah warna kertas lakmus

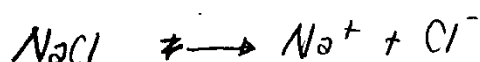
Berdasarkan deskripsi percobaan yang telah Anda baca, tentukan masing-masing sifat keasaman larutan dan larutan apa saja yang mengalami reaksi hidrolisis?

PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA MATERI SIFAT ASAM BASA LARUTAN GARAM MENGGUNAKAN TDM-IAE

Keterangan	
	Jawaban benar sebagian/ salah untuk pertanyaan utama
	Jawaban benar tanpa probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar melalui probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar sebagian tanpa probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban benar sebagian melalui probing untuk pertanyaan umum/probing
	Jawaban salah untuk pertanyaan umum/probing
	Tidak ada jawaban untuk pertanyaan umum/probing

Gambar 4.1 Profil Model Mental Siswa 2

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl”, siswa 2 dapat menjawab dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 2 mengungkapkan bahwa Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dapat bereaksi dengan air membentuk NaCl karena Na<sup>+</sup> berasal dari basa kuat dan Cl<sup>-</sup> berasal dari asam kuat, sehingga dapat bereaksi. Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan NaCl, siswa 2 menjawab terdapat partikel Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, dan H<sub>2</sub>O.



Gambar 4.56 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 2

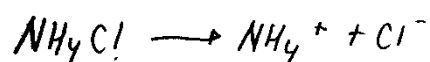
Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan NaCl, siswa 2 mengungkapkan bahwa interaksi ion Cl<sup>-</sup> dengan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan ion Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> tidak ada yang mengalami suatu reaksi. Menurutnya Cl<sup>-</sup> merupakan basa konjugasi yang lebih lemah dari air sehingga kemampuan untuk menangkap proton pun lemah, sedangkan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> merupakan asam konjugasi kuat sehingga kemampuan untuk mendonorkan proton pun besar. Dari interaksi tersebut tidak akan terjadi transfer proton, walaupun H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> memiliki kemampuan yang besar untuk mendonorkan proton, tetapi Cl<sup>-</sup> memiliki kemampuan yang lemah untuk menangkap proton sehingga tidak akan terjadi reaksi karena antara H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> tidak terjadi transfer proton. Hal yang sama juga terjadi pada interaksi antara Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> dimana Na<sup>+</sup> merupakan asam konjugasi yang lebih lemah dari air, sedangkan OH<sup>-</sup> merupakan basa konjugasi yang lebih kuat dari air, sehingga tidak terjadi transfer proton yang menyebabkan tidak akan bereaksi membentuk NaOH.

Untuk pertanyaan *probing* umum 3, 4, dan 5 mengenai tidak adanya partikel yang bereaksi dalam larutan NaCl, konsentrasi ion-ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dari air serta pengaruh terhadap sifat larutan NaCl, siswa 2 mengungkapkan karena tidak terjadi reaksi antara ion-ion dari garam dengan air maka kesetimbangan air pun tidak terganggu. Hal ini dikarenakan ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dari air konsentrasinya masih

tetap sama. Oleh sebab itu, siswa 2 mengungkapkan bahwa sifat larutan NaCl tetap netral.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 2 dapat menjawab dengan benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 2 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dibentuk dari asam kuat dan basa lemah sehingga bersifat asam. Siswa 2 menentukan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam berdasarkan kekuatan sifat pembentuknya yaitu asam kuat. Selain itu, siswa 2 juga menyatakan bahwa ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air. Hal tersebut dikarenakan larutan yang bersifat asam umumnya didominasi oleh muatan positif, dalam hal ini yang dimaksud siswa 2 adalah  $\text{NH}_4^+$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 2 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan larut menjadi ion-ion seluruhnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

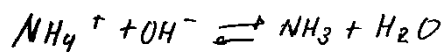


Gambar 4.57 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Siswa 2 menyebutkan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di antaranya  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 2 mengungkapkan interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak berpengaruh dalam larutan tersebut karena tidak dapat terjadi reaksi. Sedangkan interaksi antara ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat bereaksi, karena  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam kuat yang dapat mendonorkan protonnya dengan kuat, begitu juga dengan  $\text{OH}^-$  merupakan basa kuat yang dapat menangkap proton dengan kuat, sehingga kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton dan bereaksi membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada awal penulisan persamaan kimia untuk reaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  siswa 1 menuliskan hanya berlangsung dalam satu arah. Setelah

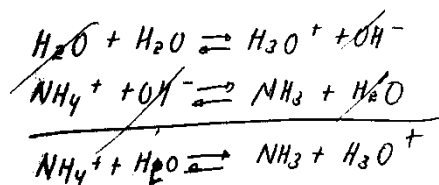
diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 2 mengungkapkan bahwa  $\text{NH}_3$  merupakan basa lemah tetapi kekuatannya masih lebih kuat daripada air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun lemah tetapi juga masih bisa mengalami reaksi. Oleh karena itu arah panah reaksi kemudian dituliskan bolak-balik. Hal ini dituliskan sebagai berikut.



Gambar 4.58 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air dan peristiwa penguraian air, siswa 2 mengungkapkan akibat dilarutkannya garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  menyebabkan kesetimbangan air terganggu. Namun untuk penjelasan yang diberikan tidak relevan. Menurutnya karena reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , terdapat  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai hasil reaksi yang berarti  $\text{H}_2\text{O}$  dalam larutan tersebut bertambah maka kesetimbangan air terganggu. Namun dapat mengungkapkan bahwa untuk mengurangi gangguan tersebut, maka terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah  $\text{OH}^-$  yaitu ke arah yang konsentrasinya berkurang.

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 2 mengungkapkan bahwa persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis membentuk kesetimbangan. Setelah diberikan *probing*, siswa 2 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini dituliskan sebagai berikut.



Gambar 4.59 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

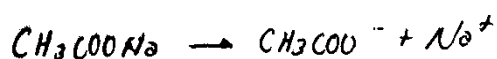
Untuk partikel-partikel yang terdapat dalam larutan setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang konsentrasinya lebih

besar,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya sedikit karena digunakan untuk bereaksi, dan ion  $\text{Cl}^-$  tidak bereaksi dengan air. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{NH}_4^+$  adalah asam yang lebih kuat daripada air sehingga dapat mendonorkan protonnya kepada  $\text{H}_2\text{O}$ . Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis berlangsung dua arah karena sifat  $\text{NH}_3$  yang merupakan basa lemah tetapi masih lebih kuat daripada air sehingga dapat bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat.

Untuk pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 2 mengungkapkan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam, karena pada hasil reaksi hidrolisis dalam larutan didominasi oleh muatan positif yaitu  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , karena ciri dari suatu larutan yang sifatnya asam mengandung ion positif.

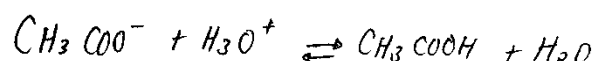
Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 2 dapat mengungkapkan dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 2 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa dikarenakan terbentuk dari asam lemah ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan basa kuat ( $\text{NaOH}$ ). Menurutnya, karena lebih dominan kekuatan sifat basa daripada asam, maka larutan bersifat basa. Selain itu, siswa 2 juga mengungkapkan bahwa ion yang dapat bereaksi dengan air adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , tetapi belum dapat menjelaskan alasannya secara logis, hanya berdasarkan pada percobaan awal larutan  $\text{NaCl}$  yaitu ion  $\text{Na}^+$  tidak dapat bereaksi dengan air, maka satu-satunya ion dari garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang dapat bereaksi dengan air.

Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 2 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan larut menjadi ion-ion seluruhnya. Siswa 2 menyebutkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.60 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 2 mengungkapkan bahwa ion-ion dalam larutan yang saling mengadakan interaksi di antaranya ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Namun, dari kedua interaksi ion tersebut yang dapat melangsungkan reaksi adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Siswa 2 menungkapkan interaksi ion  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak mengalami reaksi karena  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, sedangkan  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah sehingga antara kedua ion tersebut tidak dapat saling mentransfer proton. Oleh karena itu, interaksi ion tersebut tidak dapat bereaksi. Sedangkan interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat bereaksi, karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat dari air dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam yang lebih kuat dari air, maka kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton sehingga dapat bereaksi menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



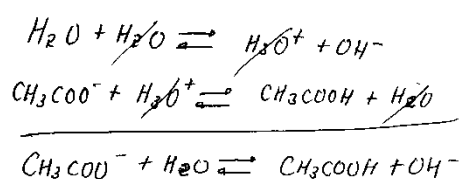
Gambar 4.61 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Pada amula mulanya, siswa 1 menuliskan persamaan kimia untuk reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  hanya berlangsung satu arah yakni  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 2 mengungkapkan arah panah reaksi seharusnya adalah bolak-balik. Hal ini dikarenakan sifat  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah tetapi sifat asamnya sedikit lebih kuat dari air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun kemampuan ionisasinya lemah tetapi masih dapat bereaksi.

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air dan peristiwa penguraian air, siswa 2 mampu mengungkapkan alasan yang logis dibandingkan pada percobaan

sebelumnya. Menurutnya karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , maka konsentrasinya semakin lama menjadi semakin sedikit, tetapi untuk konsentrasi  $\text{OH}^-$  dari air tetap karena tidak mengalami reaksi. Karena hal tersebut, kesetimbangan air menjadi terganggu, dan untuk mengurangi gangguan tersebut siswa 2 mengungkapkan terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan cara  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi penguraian menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah  $\text{H}_2\text{O}$  terurai, kondisi ion-ion dalam larutan tersebut berubah yaitu  $\text{OH}^-$  menjadi lebih banyak dalam larutan.

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air dan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 2 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis pun dituliskan bolak-balik membentuk kesetimbangan. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.62 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

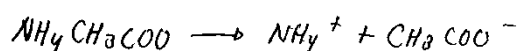
Untuk partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang lebih banyak dibandingkan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , serta  $\text{Na}^+$  tidak bereaksi dengan air. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang merupakan basa lebih kuat daripada air sehingga dapat menarik proton dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 2 mengungkapkan dari persamaan kimia yang telah ditulis dan peristiwa pergeseran kesetimbangan air, ion  $\text{OH}^-$  konsentrasinya menjadi lebih banyak dalam larutan. Oleh karena itu larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa.



Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 2 dapat mengungkapkan dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 2 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral dikarenakan terbentuk dari asam lemah ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan basa lemah ( $\text{NH}_3$ ). Menurutnya, karena kekuatan sifat basa dan asam sama, maka larutan bersifat netral. Selain itu, siswa 2 juga mengungkapkan bahwa ion yang dapat bereaksi dengan air adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ , tetapi belum dapat menjelaskan alasannya secara logis, hanya berdasarkan pada percobaan sebelumnya dimana ion dari garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang dapat bereaksi dengan air dan ion dari garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  adalah  $\text{NH}_4^+$  yang dapat bereaksi dengan air

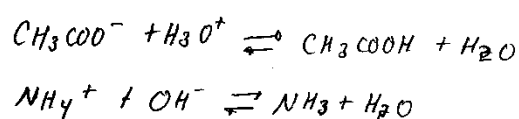
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 2 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan larut menjadi ion-ion seluruhnya. Siswa 2 menyebutkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.63 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 2 mengungkapkan bahwa ion-ion dalam larutan yang saling mengadakan interaksi di antaranya ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Kedua ion tersebut yang dapat melangsungkan reaksi. Siswa 2 mengungkapkan interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat bereaksi, karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat dari air dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam yang lebih kuat dari air, maka kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton sehingga dapat bereaksi menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Begitu pulan interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat bereaksi, karena  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam kuat yang dapat mendonorkan protonnya dengan kuat, begitu juga

dengan  $\text{OH}^-$  merupakan basa kuat yang dapat menangkap proton dengan kuat, sehingga kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton dan bereaksi membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Arah panah reaksi juga langsung ditulis bolak-balik. Hal ini dikarenakan sifat  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah tetapi sifat asamnya sedikit lebih kuat dari air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun kemampuan ionisasinya lemah tetapi masih dapat bereaksi. Begitu juga dengan  $\text{NH}_3$  yang merupakan basa lemah tetapi sifat basanya masih lebih kuat dari air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun kemampuan ionisasinya lemah tetapi masih dapat bereaksi. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

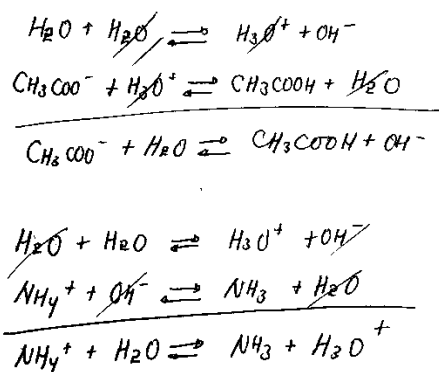


Gambar 4.64 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 2

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam dan peristiwa penguraian air, siswa 2 mampu mengungkapkan alasan yang logis dibandingkan pada percobaan sebelumnya. Menurutnya ketika  $\text{H}_3\text{O}^+$  digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{OH}^-$  juga digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$ , jadi untuk menentukan sifatnya dilihat dari kekuatan asam dari kation dan kekuatan basa dari anion. Larutan bersifat netral yaitu ketika  $K_a$  kation sama dengan  $K_b$  anion, sehingga air terurai dengan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  yang hampir sama. Siswa 2 juga mampu menjelaskan bagaimana kondisi ketika  $K_a > K_b$  ataupun  $K_a < K_b$ . Namun, belum bisa memberikan contoh garam dengan kondisi  $K_a > K_b$  ataupun  $K_a < K_b$ . Menurut siswa 2, karena larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  memiliki konstanta yang sama menyebabkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  adalah sama banyak, sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  terurai sama banyak menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air dan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 2 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Begitu

pula untuk reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis pun dituliskan bolak-balik membentuk kesetimbangan. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.65 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 2

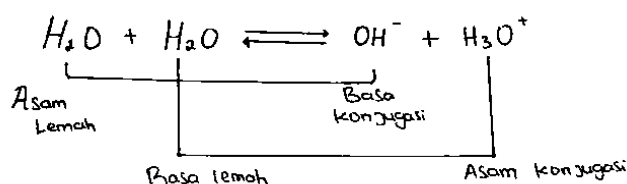
Untuk partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang sama banyak dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang merupakan basa lebih kuat daripada air sehingga dapat menarik proton dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 2 mengungkapkan dari persamaan kimia untuk reaksi yang telah ditulis dan nilai konstanta disosiasi yang sama, sehingga konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  adalah sama dalam larutan, sifat dari larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  adalah basa.

Berdasarkan uraian di atas, siswa 2 menjawab benar sebagian untuk pertanyaan utama. Ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 2 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ” siswa 2 dapat menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ” siswa 2 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ” siswa 2 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 2 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*.

## 3) Profil Model Mental Siswa 3

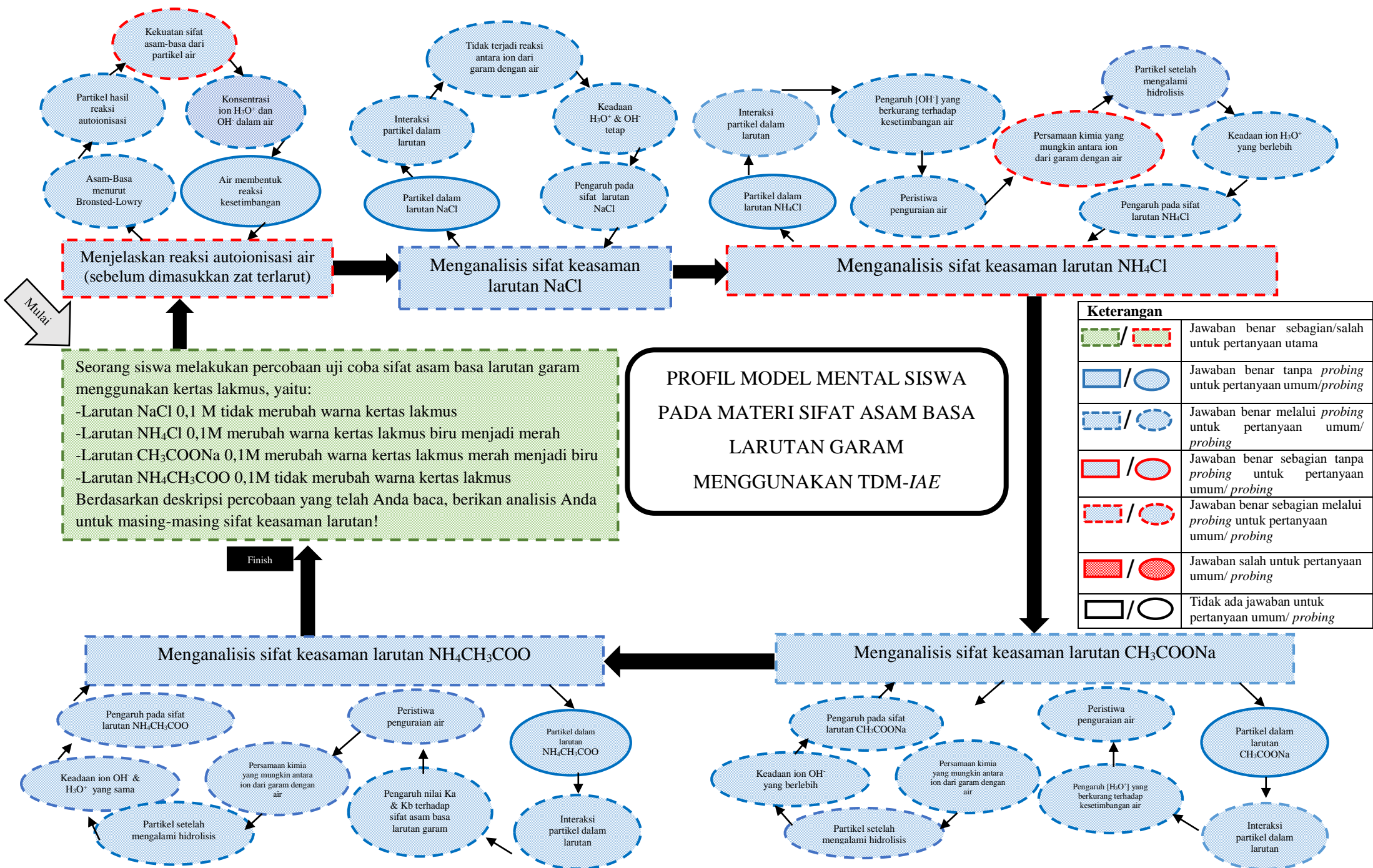
Berdasarkan Gambar 4.67 pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 3 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 3 menuliskan hasil dari reaksi ionisasi air adalah  $H_2O$  dan  $H_2O$ . Namun siswa menyadari jika hasil yang dituliskan tersebut berupa molekul, sedangkan yang diminta adalah berupa ion-ion. Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 dan 2 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry dan partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 3 mengungkapkan menurut teori Bronsted-Lowry asam sebagai pendonor proton, sedangkan basa sebagai akseptor proton. Siswa 3 dapat menuliskan hasil reaksi ionisasi antara dua molekul  $H_2O$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. 66 Persamaan Kimia untuk Reaksi Ionisasi  $H_2O$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai kekuatan sifat asam-basa masing-masing partikel dari air serta keadaan ion-ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  dalam air, siswa 3 mengungkapkan bahwa ion-ion hasil ionisasi air berada dalam jumlah yang hanya sedikit. Hal ini dikarenakan persamaan kimia untuk reaksi ionisasi yang berlangsung dalam dua arah biasanya akan menghasilkan ion-ion dalam jumlah yang sedikit. Oleh karena itu masing-masing  $H_2O$  memiliki sifat asam lemah dan basa lemah. Siswa 3 mengungkapkan bahwa  $H_2O$  yang bersifat asam lemah berpasangan dengan basa konjugasi  $OH^-$ , dan  $H_2O$  yang bersifat basa lemah berpasangan dengan asam konjugasi  $H_3O^+$ . Siswa 3 mengungkapkan kekuatan sifat asam dan basa dari masing-masing ion tersebut adalah  $H_3O^+$  sebagai asam konjugasi kuat dan  $OH^-$  sebagai basa konjugasi kuat. Namun, tidak dapat mengaitkan kekuatan sifat ion-ion tersebut dengan konsep pasangan asam-basa konjugasi.

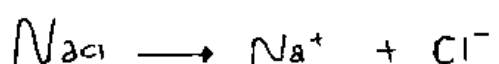
Pada saat diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai peran ionisasi air membentuk kesetimbangan, siswa 3 mengungkapkan bahwa setiap reaksi yang berlangsung bolak-balik akan membentuk kesetimbangan.



Gambar 4.67 Profil Model Mental Siswa 3

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl” siswa 3 mampu menjawab dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 3 mengungkapkan bahwa larutan NaCl bersifat netral karena tidak merubah warna kertas lakmus namun tidak dapat menentukan ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air.

Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan NaCl, siswa 3 mengungkapkan bahwa padatan garam NaCl ketika dimasukkan ke dalam air akan larut seluruhnya menjadi ion-ion. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.68 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 3

Siswa 3 mengungkapkan bahwa partikel yang terdapat dalam larutan NaCl di antaranya terdapat  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{OH}^-$ , serta  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan NaCl, siswa 3 mengungkapkan bahwa di dalam larutan NaCl ion-ion saling mengadakan interaksi yaitu  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 3 akhirnya dapat menjelaskan bahwa dari kedua interaksi ion-ion tersebut tidak ada yang mengadakan reaksi. Karena baik interaksi  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan memiliki kemampuan mentransfer proton yang berbeda. Walaupun  $\text{H}_3\text{O}^+$  memiliki kemampuan sebagai asam konjugasi kuat untuk mendonorkan protonnya kuat, tetapi  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah sehingga kemampuan menangkap protonnya pun lemah. Akibatnya tidak akan terjadi suatu reaksi karena kemampuan untuk saling mentransfer proton yang berbeda. Begitu juga interaksi  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak akan terjadi reaksi, karena walaupun  $\text{OH}^-$  memiliki kemampuan yang kuat untuk menangkap proton tetapi karena  $\text{Na}^+$  tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan protonnya.

Untuk pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai keadaan ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air dan pengaruhnya terhadap sifat larutan NaCl, siswa 3

mengungkapkan dengan dilarutkannya garam NaCl ke dalam air menyebabkan peran  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang seharusnya berikatan dengan  $\text{OH}^-$  justru digantikan oleh ion  $\text{Na}^+$ . Begitu juga dengan ion  $\text{Cl}^-$ , ion  $\text{Cl}^-$  menggantikan peran  $\text{OH}^-$  yang seharusnya berikatan dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  ketika berada di dalam air. Walaupun demikian tidak ada yang mampu melangsungkan reaksi baik interaksi ion  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  maupun  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dengan demikian kesetimbangan air tidak terganggu, sehingga jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  masih sama dengan  $\text{OH}^-$ , dan hal ini menyebabkan sifat larutan NaCl adalah netral.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 3 mampu menjawab dengan benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 3 mengungkapkan bahwa sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam berdasarkan perubahan warna kertas lakmus biru menjadi merah. Selain itu, sifat asam tersebut karena salah satu pembentuk garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tersebut merupakan asam kuat (HCl).

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa setelah padatan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dimasukkan ke dalam air, maka akan terurai menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut



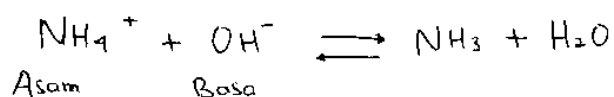
Gambar 4.69 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Siswa 3 mengungkapkan bahwa ion-ion yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  terdapat interaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat mengalami suatu reaksi karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat yang memiliki kecenderungan yang kuat pula untuk melepaskan proton. Sedangkan,  $\text{Cl}^-$  sebagai basa konjugasi lemah tidak memiliki kemampuan untuk menangkap proton



tersebut. Oleh sebab itu, interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat mengalami suatu reaksi. Sedangkan untuk interaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$  dapat melangsungkan terjadinya suatu reaksi.  $\text{NH}_4^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat memiliki kecenderungan yang kuat pula untuk mendonorkan proton kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula dengan  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat, kemampuan untuk menangkap protonnya pun besar. Karena kemampuan untuk melepas dan menangkap proton sama-sama kuat, dengan demikian dapat bereaksi menghasilkan senyawa baru. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



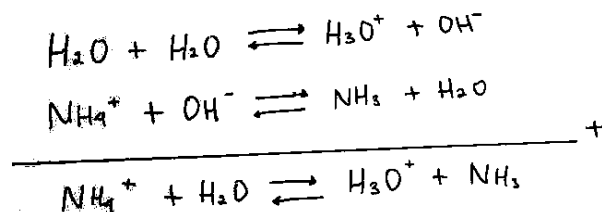
Gambar 4.70 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Pada awal mula penulisan persamaan kimia untuk reaksi hanya berlangsung satu arah. Namun, setelah diberikan pertanyaan kembali siswa 3 mengungkapkan bahwa  $\text{NH}_3$  meskipun bersifat basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air, sehingga dapat bereaksi. Sedangkan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun sifatnya sebagai asam lemah dari basa konjugasi kuat  $\text{OH}^-$ , tetapi masih memiliki kemampuan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{NH}_3$ . Sehingga, arah panah reaksi dibetulkan menjadi dua arah.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh berkurangnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  terhadap kesetimbangan air serta peristiwa penguraian air, siswa 3 mengungkapkan bahwa konsentrasi  $\text{OH}^-$  setelah digunakan bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap karena tidak digunakan bereaksi. Sehingga menyebabkan kesetimbangan air terganggu akibat  $\text{OH}^-$  semakin berkurang, sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tetap. Pada awalnya, siswa 3 menjelaskan bahwa gangguan pada kesetimbangan tersebut dapat dikurangi dengan cara menambahkan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}$ . Setelah diberi pertanyaan kembali, siswa 3 mengungkapkan bahwa gangguan pada kesetimbangan air tersebut dapat diatasi dengan cara menguraikan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel-partikel yang

terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 3 pertama kali menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



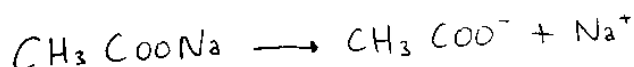
Gambar 4.71 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Siswa 3 mengungkapkan bahwa arah panah pada reaksi hidrolisis dituliskan secara bolak balik karena mengikuti reaksi-reaksi sebelumnya yang berlangsung dalam dua arah. Siswa 3 tidak mengungkapkan alasan yang berkaitan dengan kekuatan sifat asam dan basa masing-masing partikel pada hasil reaksi. Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan konsentrasi yang lebih besar,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang lebih sedikit, dan ion  $\text{Cl}^-$  yang tidak bereaksi. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{NH}_4^+$  adalah asam yang lebih kuat daripada air sehingga dapat mendonorkan proton kepada  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa keadaan ion-ion dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah air mengalami reaksi penguraian menjadi tidak sama lagi. Menurutnya,  $\text{H}_3\text{O}^+$  di dalam larutan menjadi lebih banyak. Konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  menjadi lebih besar daripada  $\text{OH}^-$ . Oleh karena itu larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 3 dapat menjawab dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 3 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa hanya berdasarkan perubahan warna kertas lakmus merah menjadi biru saja. Siswa 3 mengungkapkan bahwa setelah padatan garam dimasukkan ke

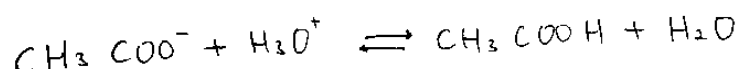
dalam air, maka akan terurai menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.72 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dituliskan oleh Siswa 3

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa antar ion-ion dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  saling mengadakan interaksi di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Dari ion-ion yang saling berinteraksi tersebut yang memungkinkan dapat melangsungkan reaksi yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Siswa 3 mengungkapkan interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak dapat mengalami reaksi dikarenakan  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah, sedangkan  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat. Walaupun kekuatan dari  $\text{OH}^-$  besar sehingga memiliki kemampuan untuk menangkap proton, tetapi  $\text{Na}^+$  tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan proton, maka tidak dapat terjadi transfer proton antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , sehingga tidak berlangsung suatu reaksi. Berbeda untuk interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dapat melangsungkan reaksi. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

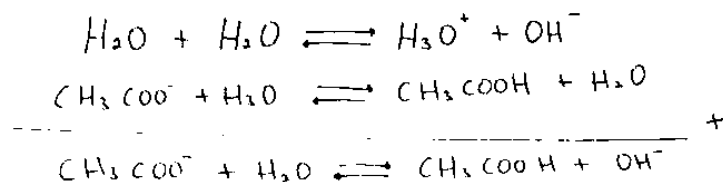


Gambar 4.73 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh berkurangnya konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  terhadap kesetimbangan air serta peristiwa penguraian air, siswa 3 mengungkapkan bahwa karena digunakan untuk bereaksi konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan  $\text{OH}^-$  dari air konsentrasinya tetap. Tidak seimbangny konsentrasi antara  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan

$\text{OH}^-$  ini menyebabkan kesetimbangan air terganggu. Sehingga untuk mengurangi gangguan tersebut, air harus melakukan reaksi penguraian yaitu  $\text{H}_2\text{O}$  terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah air mengalami reaksi penguraian, maka kesetimbangan air bergeser ke arah kanan sehingga konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  berkurang.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air dan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 3 diberikan *probing*. Pertama, siswa 3 menuliskan kembali reaksi dari ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



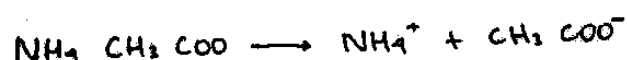
Gambar 4.74 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Siswa 3 mengungkapkan bahwa arah panah pada reaksi hidrolisis dituliskan dalam dua arah karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebagai asam lemah tetapi kekuatan sifat asamnya masih lebih kuat dari air, sehingga dapat bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat. Untuk itu arah panah dalam reaksi hidrolisis ini berlangsung dalam dua arah membentuk kesetimbangan. Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya lebih banyak daripada  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dan  $\text{Na}^+$  yang tidak mengalami reaksi. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa yang lebih kuat daripada air sehingga dapat menarik proton dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa keadaan ion-ion dalam larutan tersebut berubah dari peristiwa penguraian air. Perubahan tersebut yaitu dimana keadaan  $\text{OH}^-$  yang semula tetap, setelah air mengalami reaksi penguraian keadaan  $\text{OH}^-$  dalam larutan bertambah banyak, sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  masih tetap lebih sedikit

karena digunakan untuk bereaksi. Hal ini menyebabkan sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  menjadi bersifat basa.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 3 dapat mengungkapkan dengan benar setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 3 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral hanya berdasarkan hasil saat kertas lakmus dimasukkan ke dalam larutan garam tetapi tidak mengalami perubahan warna. Menurutnya, karena kekuatan sifat asam basa pembentuknya sama, maka larutan bersifat netral. Selain itu, siswa 3 juga mengungkapkan bahwa ion yang dapat bereaksi dengan air adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ , tetapi belum dapat menjelaskan alasannya secara logis, hanya berdasarkan pada pembentuk garamnya yaitu dari asam lemah ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan basa lemah ( $\text{NH}_3$ ).

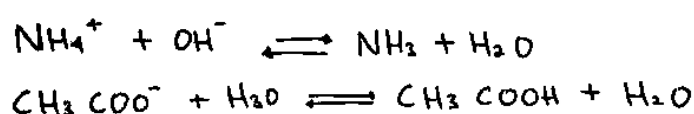


Gambar 4.75 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa antar ion-ion dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  saling mengadakan interaksi di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Kedua ion tersebut memungkinkan dapat melangsungkan reaksi. Siswa 3 mengungkapkan interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat bereaksi, karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat dari air dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam yang lebih kuat dari air, maka kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton sehingga dapat bereaksi menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Begitu pulan interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat bereaksi, karena  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam kuat yang dapat mendonorkan protonnya dengan kuat, begitu juga dengan  $\text{OH}^-$  merupakan basa kuat yang dapat

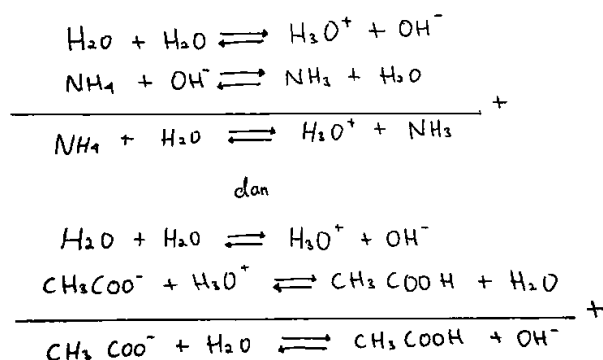
menangkap proton dengan kuat, sehingga kedua ion tersebut dapat saling mentransfer proton dan bereaksi membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Arah panah reaksi juga langsung ditulis bolak-balik. Hal ini dikarenakan sifat  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah tetapi sifat asamnya sedikit lebih kuat dari air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun kemampuan ionisasinya lemah tetapi masih dapat bereaksi. Begitu juga dengan  $\text{NH}_3$  yang merupakan basa lemah tetapi sifat basanya masih lebih kuat dari air, dan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun kemampuan ionisasinya lemah tetapi masih dapat bereaksi. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.76 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam dan peristiwa penguraian air, siswa 3 dapat mengungkapkan bahwa sifat netral yang dimiliki larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  karena asam basa pembentuk garam memiliki nilai konstanta yang sama. Menurutnya karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{OH}^-$  juga digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$ , jadi untuk menentukan sifatnya dilihat dari kekuatan asam dari kation dan kekuatan basa dari anion. Larutan bersifat netral yaitu ketika  $K_a$  kation sama dengan  $K_b$  anion, sehingga air terurai dengan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  yang hampir sama.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air dan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 3 diberikan *probing*. Pertama, siswa 3 menuliskan kembali reaksi dari ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Begitu pula untuk reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.77 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 3

Siswa 3 mengungkapkan bahwa arah panah pada reaksi hidrolisis dituliskan dalam dua arah karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebagai asam lemah tetapi kekuatan sifat asamnya masih lebih kuat dari air, sehingga dapat bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat. Untuk itu arah panah dalam reaksi hidrolisis ini berlangsung dalam dua arah membentuk kesetimbangan. Begitu juga  $\text{NH}_3$  sebagai basa lemah tetapi kekuatan sifat basanya masih lebih kuat dari air, sehingga dapat bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat. Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya sama banyak daripada  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Reaksi tersebut dapat berlangsung karena ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$  memiliki nilai konstanta yang sama.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 3 mengungkapkan bahwa keadaan ion-ion dalam larutan tersebut adalah sama. Keadaan tersebut adalah kondisi dimana setelah air mengalami reaksi penguraian, keadaan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  adalah sama walau digunakan untuk bereaksi. Hal ini menyebabkan sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  menjadi bersifat netral.

Berdasarkan uraian di atas, siswa 3 menjawab benar sebagian untuk pertanyaan utama. Ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 3 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ” siswa 3 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ” siswa 3 menjawab

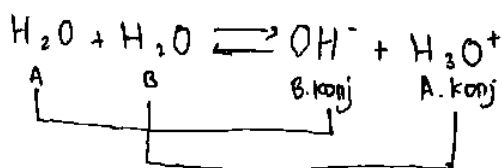
benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ” siswa 3 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 3 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*.

#### 4) Profil Model Mental Siswa 4

Berdasarkan Gambar 4.79 ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 4 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 4 tidak dapat memberikan jawaban untuk hasil reaksi ionisasi antara dua molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Siswa 4 mengetahui konsep transfer proton tetapi tidak dapat memberikan penjelasan makna kata dari transfer dan simbol proton itu sendiri. Siswa 4 hanya dapat mengungkapkan bahwa proton itu dilambangkan dengan tanda pangkat *plus* (+).

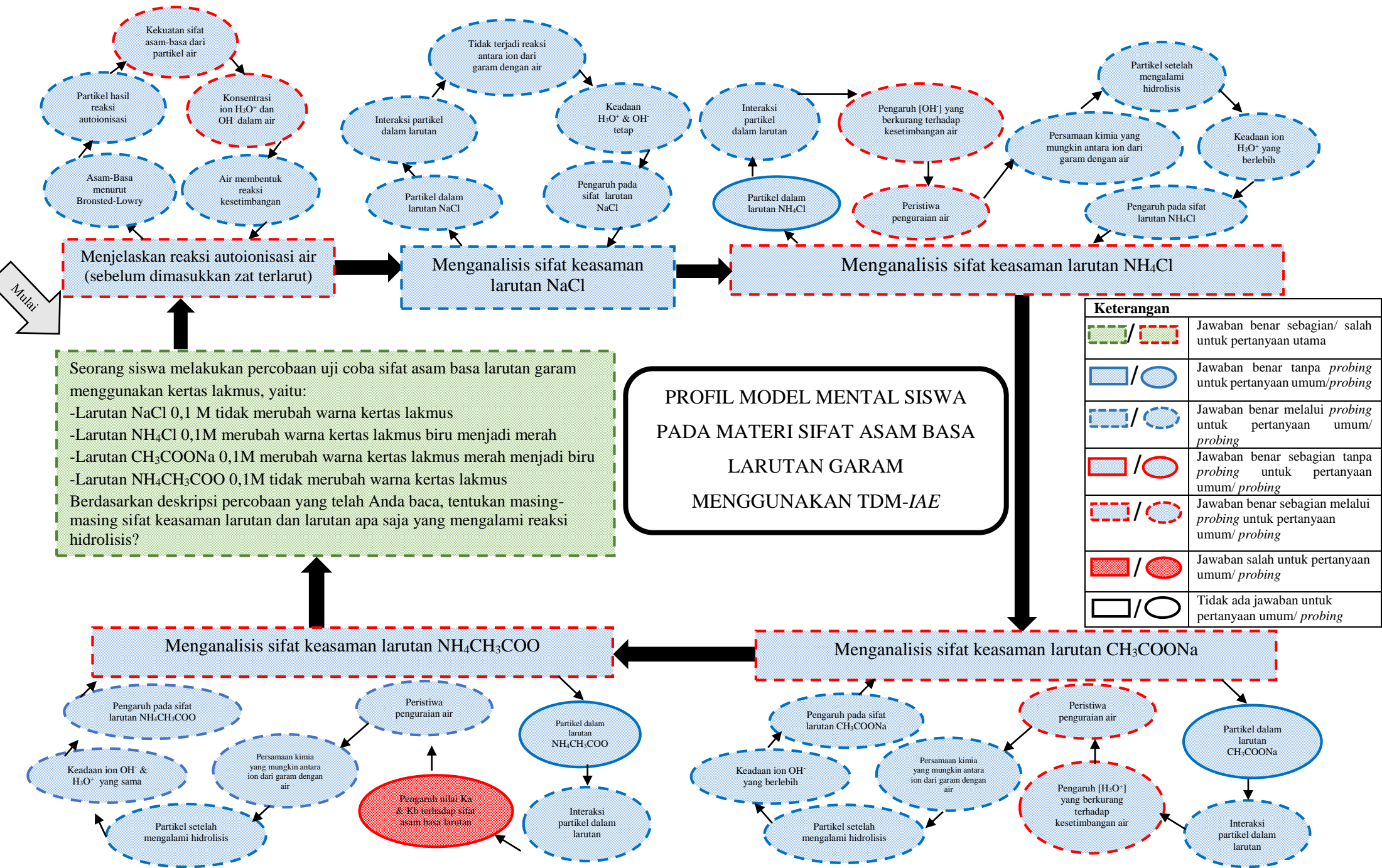
Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry, siswa 4 mengungkapkan bahwa kata transfer memiliki makna yang berarti pemindahan, sehingga transfer proton menurutnya adalah kondisi dimana ada yang menerima proton dan ada yang menangkap proton. Setelah diberikan pertanyaan *probing* lebih lanjut, siswa 4 menyatakan bahwa atom hidrogen memiliki satu proton dan satu elektron, jadi ketika elektron tersebut dilepaskan maka hanya tersisa satu proton. Namun siswa 4 hanya menyebutkan muatannya saja yakni plus (+) yaitu positif sampai akhirnya dapat menyebutkan  $\text{H}^+$ . Setelah itu, siswa 4 mengungkapkan bahwa peran asam adalah sebagai pendonor  $\text{H}^+$  dan basa sebagai akseptor  $\text{H}^+$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai partikel-partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 4 menyatakan hasil dari reaksi ionisasi antara dua molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.78 Persamaan Kimia untuk Reaksi Ionisasi  $\text{H}_2\text{O}$  yang dituliskan oleh Siswa 4



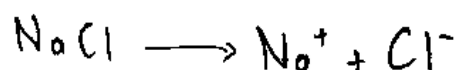


Gambar 4.79 Profil Model Mental Siswa 4

Penulisan persamaan ionisasi air pada awalnya hanya berlangsung satu arah. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 4 dapat mengungkapkan bahwa reaksi ionisasi air berlangsung dalam dua arah.

Hal ini berkaitan dengan pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai kekuatan sifat asam-basa dari masing-masing partikel air serta keadaan ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  di dalam air. Menurut siswa 4 kekuatan sifat dari pereaksi  $\text{H}_2\text{O}$  yaitu sebagai asam lemah dan basa lemah. Oleh sebab itu, kemampuan ionisasi dari suatu zat yang memiliki sifat lemah akan menghasilkan ion-ion dalam jumlah yang sedikit. Siswa 4 langsung memperbaiki kembali arah panah pada persamaan kimia untuk reaksi menjadi dua arah. Namun siswa 4 mengungkapkan bahwa kekuatan sifat dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi lemah dan  $\text{OH}^-$  sebagai basa konjugasi lemah. Walaupun demikian, siswa 4 tetap menyatakan bahwa ion-ion tersebut dapat bereaksi kembali membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai peran ionisasi air yang membentuk kesetimbangan, siswa 4 telah memahami bahwa reaksi yang berlangsung bolak-balik membentuk suatu kesetimbangan. Menurut siswa 4 makna kesetimbangan yakni konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  sama dengan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ .

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ”, siswa 4 dapat menjawab dengan benar setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna biru. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 4 mengungkapkan bahwa sifat larutan  $\text{NaCl}$  adalah basa karena memiliki ada samar merubah warna kertas lakmus menjadi putih kebiru-biruan, tidak tergolong netral karena adanya perubahan warna kertas lakmus. Padatan  $\text{NaCl}$  ketika dimasukkan ke dalam air tertentu akan terlarut seluruhnya bersama air dalam bentuk ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.80 Persamaan Kimia untuk Disosiasi  $\text{NaCl}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NaCl}$ , siswa 4 menjelaskan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NaCl}$  di antaranya terdapat  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan

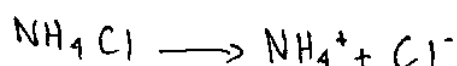
H<sub>2</sub>O. Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan NaCl serta tidak adanya partikel yang bereaksi, siswa 4 mengungkapkan bahwa di dalam larutan NaCl ion-ionnya saling mengadakan interaksi yaitu Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> serta Cl<sup>-</sup> dengan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. Siswa 4 juga mengungkapkan bahwa ion Na<sup>+</sup> merupakan ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air. Ion Na<sup>+</sup> bereaksi dengan air membentuk NaOH. Oleh sebab itu, larutan tersebut bersifat basa, sedangkan ion Cl<sup>-</sup> tidak dapat bereaksi. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 4 mengungkapkan bahwa dari kedua ion garam tersebut tidak ada yang mengalami reaksi. Sebelum memberikan jawaban ion-ion yang saling berinteraksi, siswa 4 mengonfirmasi kekuatan sifat asam dan basa masing-masing ion dari air. Menurutnya, karena reaksi ionisasi air berlangsung bolak-balik sehingga memerlukan energi untuk dapat bereaksi kembali membentuk H<sub>2</sub>O. Oleh sebab itu, sifat ion-ion dari air tersebut adalah sebagai asam konjugasi kuat (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) dan basa konjugasi kuat (OH<sup>-</sup>). Siswa 4 memberikan penjelasan bahwa antara ion Cl<sup>-</sup> dengan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan ion Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> tidak terjadi interaksi, karena H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> merupakan asam konjugasi kuat, sedangkan Cl<sup>-</sup> merupakan basa konjugasi lemah. Hal ini juga berlaku untuk Na<sup>+</sup> yang merupakan asam konjugasi lemah dari basa kuat NaOH, dan OH<sup>-</sup> merupakan basa konjugasi kuat. Menurutnya tidak ada kerja sama serah-terima proton antar kedua interaksi tersebut. Maksud dari siswa 4 tersebut adalah ada satu spesi yang sangat kuat dalam menodonorkan proton tetapi spesi lainnya sangat lemah untuk menangkap proton, begitupun sebaliknya. Dengan demikian ion-ion dari garam tersebut tidak dapat saling bereaksi.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai keadaan ion-ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dari air serta pengaruhnya terhadap sifat larutan NaCl, siswa 4 mengungkapkan bahwa karena ion-ion dari dari garam baik Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> tidak mengalami interaksi dengan OH<sup>-</sup> dan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, maka kesetimbangan air tidak terganggu atau berada dalam keadaan tetap. Menurutnya, kesetimbangan air yang tidak terganggu ini menyebabkan sifat larutan NaCl adalah netral. Siswa 4 juga mengungkapkan bahwa netral adalah suatu keadaan dimana ion-ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> sama banyak dengan OH<sup>-</sup>.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NH<sub>4</sub>Cl” siswa 4 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi

panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam hanya berdasarkan nilai uji coba menggunakan kertas lakmus yaitu berubahnya warna kertas lakmus yang tadinya biru menjadi merah. Selain itu, menyatakan ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan ion dari garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang bereaksi dengan air, tetapi alasan yang diberikan hanya berdasarkan percobaan sebelumnya yakni ion  $\text{Cl}^-$  tidak dapat bereaksi.

Untuk pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan terurai seluruhnya menjadi ion-ion. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

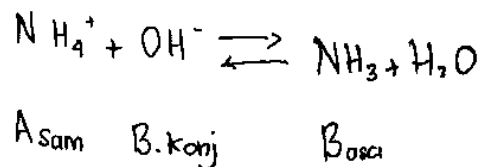


Gambar 4.81 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Siswa 4 pun mengungkapkan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa ion-ion dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang saling mengadakan interaksi di antaranya  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dari kedua interaksi tersebut yang memungkinkan terjadinya reaksi adalah  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Sedangkan interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak akan mengalami reaksi. Hal ini disebabkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat berperan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{Cl}^-$ . Tetapi  $\text{Cl}^-$  yang merupakan basa konjugasi lemah tidak memiliki kemampuan untuk dapat menangkap proton tersebut. Oleh sebab itu, tidak terjadi transfer proton, sehingga interaksi  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat mengalami reaksi. Berbeda untuk interaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , di antara kedua ion tersebut yang sifatnya telah diketahui yakni  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat dan memiliki peran untuk menangkap proton yang berasal dari  $\text{NH}_4^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat.  $\text{NH}_4^+$  mempunyai kemampuan untuk mendonorkan proton dengan kuat pula.  $\text{NH}_4^+$  mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$  untuk membentuk  $\text{NH}_3$ .  $\text{OH}^-$  menangkap

proton dari  $\text{NH}_4^+$  untuk membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Karena kedua ion tersebut dapat saling transfer proton, maka terjadi reaksi yang menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.

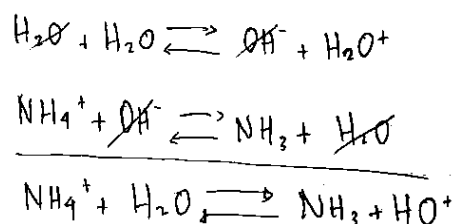


Gambar 4.82 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Pada awalnya penulisan reaksi hanya berlangsung dalam satu arah yaitu  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Tetapi setelah di *probing* lebih lanjut, siswa 4 mengungkapkan bahwa  $\text{NH}_3$  adalah basa yang masih lebih kuat dari air, sedangkan  $\text{H}_2\text{O}$  walaupun bersifat asam lemah tetapi masih memiliki kemampuan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{NH}_3$ . Oleh sebab itu, arah panah reaksi yang tepat berlangsung dalam dua arah.

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh berkurangnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  terhadap kesetimbangan air serta peristiwa penguraian air, siswa 4 mengungkapkan bahwa karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  sehingga konsentrasi  $\text{OH}^-$  semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tidak bereaksi sehingga konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Menurut siswa 4, gangguan pada kesetimbangan dikarenakan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang seharusnya bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  ketika di dalam air, justru digunakan bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$ . Siswa 4 mengungkapkan bahwa berkurangnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  dapat diatasi dengan menambahkan konsentrasi  $\text{OH}^-$  dengan cara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang semula pada bagian pereaksi terdapat dua molekul, satu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang belum bereaksi akan terurai menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Untuk pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 4 diberikan *probing*. Pertama, siswa 4 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi antara ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

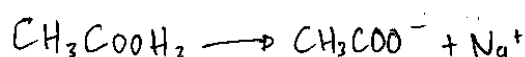


Gambar 4.83 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Siswa 4 mengungkapkan dalam larutan yang bersifat asam konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak, namun tidak dapat menghubungkan keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bertambah tersebut dengan peristiwa pergeseran kesetimbangan air. Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{Cl}^-$  yang tidak mengalami reaksi. Reaksi hidrolisis dapat berlangsung karena  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam yang lebih kuat daripada air sehingga dapat mendonorkan proton kepada  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam karena didalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ion yang bermuatan positif yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$  jumlahnya lebih banyak daripada  $\text{OH}^-$ .

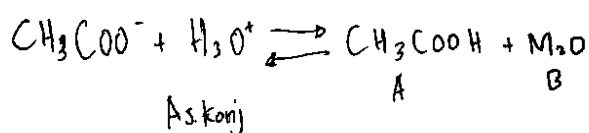
Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ” siswa 4 dapat menjawab benar sebagaimana setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  memiliki sifat basa hanya berdasarkan nilai perubahan warna kertas lakmus yakni dari merah ke biru. Siswa 4 menuliskan persamaan kimia untuk disosiasi larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sebagai berikut.



Gambar 4.84 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 4 mengungkapkan di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2

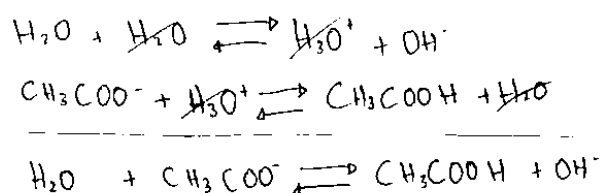
mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Dari kedua interaksi tersebut, menurut siswa 4 interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan interaksi yang memungkinkan dapat bereaksi. Interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak akan bereaksi. Hal ini disebabkan oleh  $\text{Na}^+$  yang merupakan asam konjugasi lemah, sedangkan  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat.  $\text{Na}^+$  tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan proton karena sifatnya yang asam lemah. Oleh sebab itu, walaupun kemampuan  $\text{OH}^-$  untuk menangkap proton sangat kuat tetapi tidak ada proton yang diberikan oleh  $\text{Na}^+$  sehingga tidak akan terjadi suatu reaksi. Sedangkan interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat berlangsung karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa konjugasi kuat. Oleh sebab itu, kemampuan untuk mentransfer proton antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi kuat memiliki peran untuk mendonorkan proton kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu juga  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  sebagai basa konjugasi kuat memiliki peran menangkap proton tersebut, sehingga terjadilah reaksi membentuk senyawa baru. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.25 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh berkurangnya konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  terhadap kesetimbangan air serta peristiwa penguraian air, siswa 4 mengungkapkan bahwa karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  menyebabkan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Menurut siswa 4, gangguan pada kesetimbangan dikarenakan  $\text{OH}^-$  yang seharusnya bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  ketika di dalam air, justru digunakan bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Siswa 4 mengungkapkan bahwa konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berkurang dapat diatasi dengan cara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang semula pada bagian pereaksi terdapat dua molekul, satu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang belum bereaksi akan terurai menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 4 diberikan *probing*. Pertama, siswa 4 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, lalu reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , hingga dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



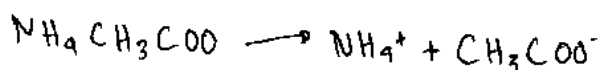
Gambar 4.86 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Namun siswa 4 tidak dapat menghubungkan keadaan ion  $\text{OH}^-$  yang bertambah banyak akibat peristiwa pergeseran kesetimbangan air. Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  yang lebih banyak dibandingkan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{Na}^+$  yang tidak mengalami reaksi. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat daripada air sehingga dapat menarik proton dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis serta pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa karena dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ion yang bermuatan negatif yakni  $\text{OH}^-$  berjumlah lebih banyak daripada  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

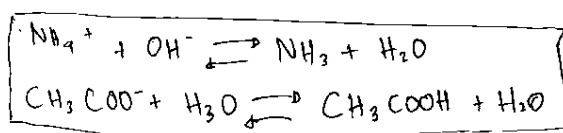
Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 4 dapat menjawab benar sebagaimana setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  memiliki sifat netral hanya berdasarkan uji coba menggunakan kertas lakmus yaitu kedua warna kertas lakmus tetap. Siswa 4 menuliskan persamaan kimia untuk disosiasi larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  sebagai berikut.





Gambar 4.87 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

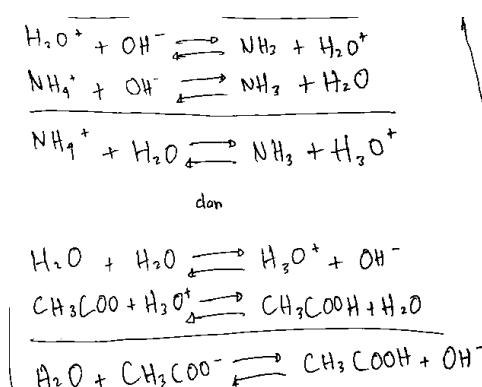
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 4 mengungkapkan di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadi reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Dari kedua interaksi tersebut, menurut siswa 4 keduanya memungkinkan dapat bereaksi. Alasan yang diberikan didasarkan pada percobaan larutan garam sebelumnya yaitu garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Dimana pada garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat berlangsung karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa konjugasi kuat. Oleh sebab itu, kemampuan untuk mentransfer proton antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi kuat memiliki peran untuk mendonorkan proton kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu juga  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  sebagai basa konjugasi kuat memiliki peran menangkap proton tersebut, sehingga terjadilah reaksi membentuk senyawa baru. Sedangkan interaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , di antara kedua ion tersebut yang sifatnya telah diketahui yakni  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat dan memiliki peran untuk menangkap proton yang berasal dari  $\text{NH}_4^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat.  $\text{NH}_4^+$  mempunyai kemampuan untuk mendonorkan proton dengan kuat pula.  $\text{NH}_4^+$  mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$  untuk membentuk  $\text{NH}_3$ .  $\text{OH}^-$  menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$  untuk membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Karena kedua ion tersebut dapat saling transfer proton, maka terjadi reaksi yang menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.88 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 4

Untuk pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam dan peristiwa penguraian air, siswa 4 dapat mengungkapkan bahwa sifat netral yang dimiliki larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  karena kedua ion sama-sama bereaksi. Menurutnya karena air terurai dengan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  yang sama. Ketika diberi pertanyaan lebih lanjut mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$ , siswa 4 masih belum mampu menjelaskan. Siswa 4 hanya menyatakan bahwa karena sama-sama bereaksi sehingga nilai  $K_a$  dan  $K_b$  pasti sama. Namun tidak dapat mengaitkan pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat netral yang dimiliki larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Dari sini dapat dilihat bahwa siswa 4 salah mengartikan maksud nilai  $K_a$  dan  $K_b$  dalam menentukan sifat larutan. Ketika diberi pertanyaan tentang kondisi jika  $K_a > K_b$  dan  $K_a < K_b$  siswa 4 menjawab sifat larutannya berbeda namun tidak dapat menjelaskan perbedaannya.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 dan 6 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 4 diberikan *probing*. Pertama, siswa 4 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, lalu reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , hingga dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Begitu pula untuk reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.89 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 4

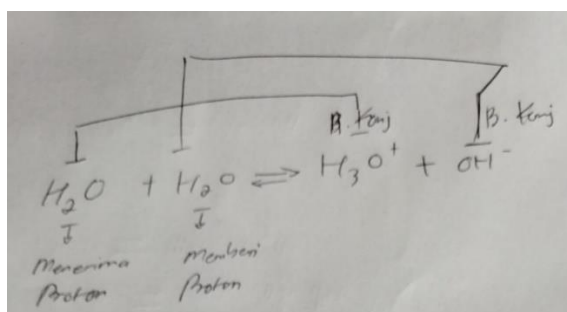
Partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang sama banyak, dan  $\text{NH}_4^+$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis serta pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 4 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral karena kedua ion dari larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  sama-sama bereaksi sehingga ion yang bermuatan negatif yakni  $\text{OH}^-$  dan ion yang bermuatan positif yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$  berjumlah sama banyak. Kondisi ini juga membuat nilai  $K_a$  dan  $K_b$  adalah sama.

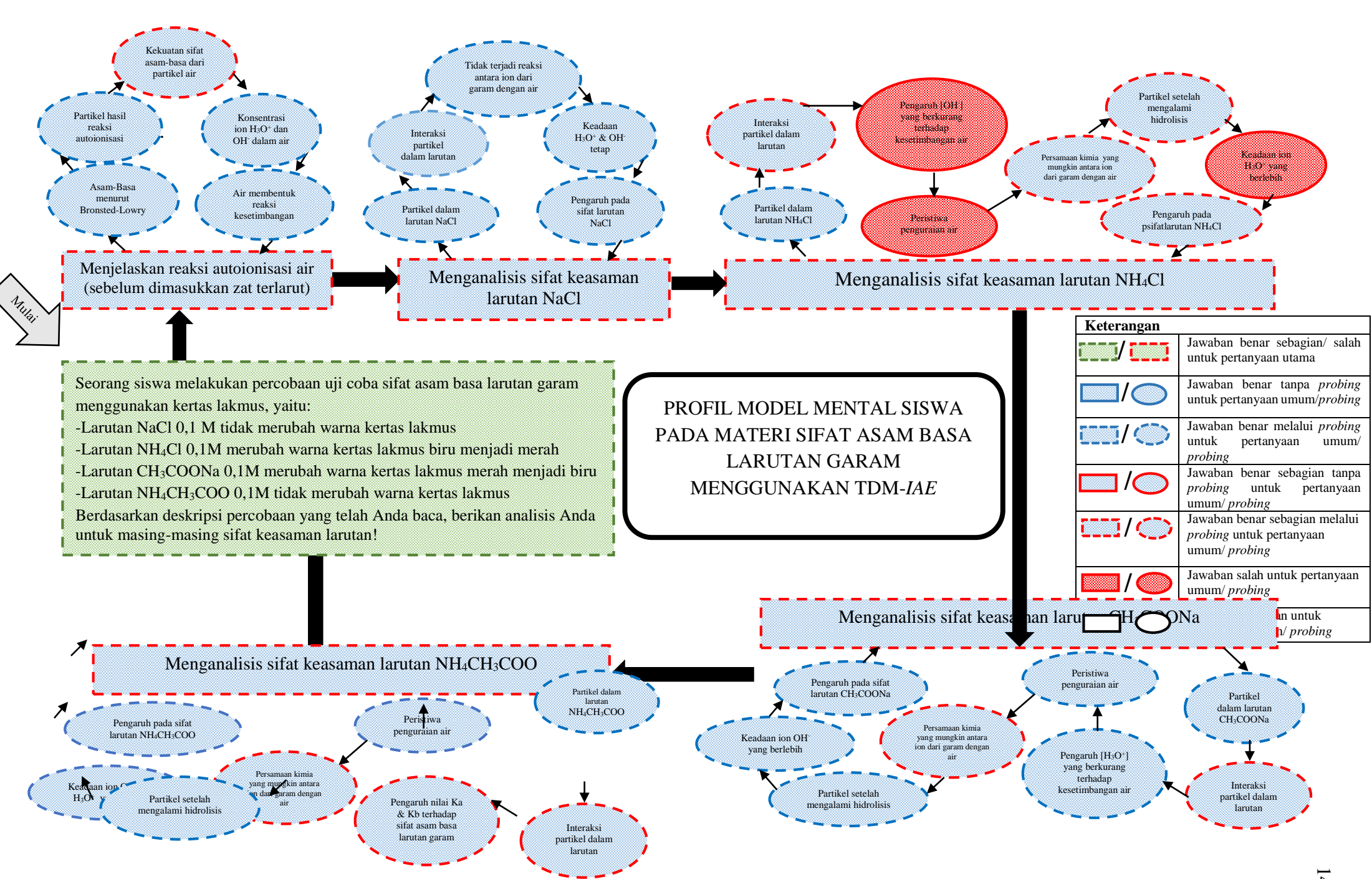
Berdasarkan uraian di atas, siswa 4 menjawab benar sebagian pertanyaan utama. Pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 4 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ” siswa 4 menjawab benar setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ” siswa 4 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ” siswa 4 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 4 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*.

#### 5) Profil Model Mental Siswa 5

Berdasarkan Gambar 4.9 ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 5 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 mengungkapkan bahwa reaksi ionisasi antara dua molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yakni  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.90 Persamaan Kimia untuk Reaksi ionisasi  $\text{H}_2\text{O}$  yang dituliskan oleh siswa 5



Gambar 4.91 Profil Model Mental Siswa 5

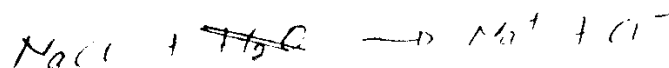
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry, siswa 5 mengungkapkan bahwa menurut Bronsted-Lowry asam berperan sebagai akseptor (menerima)  $H^+$ , dan basa berperan sebagai pendonor (memberi)  $H^+$ . Siswa 5 juga langsung menjawab bahwa sifat  $H_3O^+$  adalah asam. Namun, saat ditanyakan mengenai alasan  $H_3O^+$  bersifat asam, siswa 5 menjawab bahwa sifat asam tersebut karena larutan mengandung muatan positif sedangkan larutan basa mengandung muatan negatif. Dari pernyataan siswa tersebut, terlihat bahwa siswa 5 dalam menentukan sifat larutan hanya mengingat berdasarkan muatan positif atau negatif saja. Setelah ditanyakan kembali terkait dengan peran asam-basa menurut konsep Bronsted-Lowry, siswa 5 memberikan koreksi terhadap jawaban yang diberikan yaitu  $OH^-$  berperan sebagai asam dan tugasnya adalah mendonorkan  $H^+$ , sedangkan  $OH^-$  sendiri tidak memiliki  $H^+$ , maka sifat tersebut tidak tepat. Oleh sebab itu, peran asam-basa yang benar menurut konsep Bronsted-Lowry yaitu asam sebagai pendonor  $H^+$  dan basa sebagai akseptor  $H^+$ . Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai partikel-partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 5 mengungkapkan bahwa partikel-partikel dari ionisasi air di antaranya hanya  $OH^-$  dan  $H_3O^+$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 dan 4 mengenai kekuatan sifat asam-basa dari masing-masing partikel air serta keadaan ion-ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  dalam air, siswa 5 mengungkapkan bahwa ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  dari air terdapat dalam jumlah yang sedikit. Namun, arah panah reaksi berlangsung hanya dituliskan dalam satu arah. Hal ini menunjukkan bahwa siswa 5 tidak memahami reaksi ionisasi air berlangsung bolak-balik. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 3 menyatakan bahwa asam lemah  $H_2O$  berpasangan dengan  $OH^-$  sebagai basa konjugasi kuat dan basa lemah  $H_2O$  berpasangan dengan  $H_3O^+$  sebagai asam konjugasi kuat. Siswa 5 dapat menjawab sifat untuk  $H_3O^+$  dan  $OH^-$ , tetapi tidak dapat mengaitkannya dengan kekuatan sifat pasangan asam-basa konjugasi, hanya menjawab berdasarkan hafalan saja. Selain itu, arah panah reaksi diubah menjadi dua arah. Hal ini disebabkan oleh kekuatan sifat  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  sebagai asam konjugasi kuat dan basa konjugasi kuat dapat melangsungkan transfer proton sehingga dapat bereaksi. Sehingga partikel hasil ionisasi air di antaranya terdapat  $H_3O^+$ ,  $OH^-$ , dan  $H_2O$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai peran ionisasi air yang membentuk kesetimbangan, siswa 5 mengungkapkan bahwa reaksi ionisasi air yang berlangsung bolak-balik membentuk suatu kesetimbangan. Menurutnya, air yang berada dalam keadaan setimbang memiliki nilai pH 7,00 dan konsentrasi dari masing-masing ion adalah sama banyak.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl”, siswa 5 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 mengungkapkan bahwa sifat larutan NaCl netral dikarenakan tidak merubah warna kertas lakmus. Selain itu, siswa 5 juga mengungkapkan larutan NaCl bersifat netral karena asam basa pembentuknya yaitu dari asam kuat dan basa kuat.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan NaCl, siswa 5 mengungkapkan bahwa saat padatan garam NaCl dilarutkan ke dalam air akan terurai sempurna menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

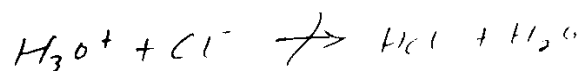


Gambar 4.92 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 5

Sehingga partikel-partikel keseluruhan yang terdapat dalam larutan NaCl di antaranya terdapat  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan NaCl dan tidak adanya partikel yang dapat bereaksi, siswa 5 menjelaskan bahwa dalam larutan NaCl terjadi interaksi antar ion-ionnya di antaranya interaksi  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Pada awalnya mengungkapkan bahwa dari interaksi ion-ion tersebut, yang memungkinkan dapat mengalami reaksi yaitu  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  membentuk NaOH. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 5 mengungkapkan bahwa tidak ada yang memungkinkan terjadinya reaksi dari interaksi ion-ion tersebut. Interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat mengalami reaksi karena  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi kuat memiliki kemampuan mendonorkan proton dengan kuat, sedangkan

$\text{Cl}^-$  sebagai basa yang lebih lemah dari air maka kemampuan untuk menangkap proton pun lemah. Oleh karena itu interaksi ion  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat melangsungkan transfer proton sehingga tidak terjadi reaksi dan penulisan arah panah reaksi dicoret. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



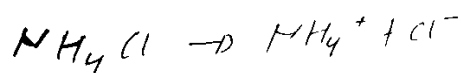
Gambar 4.93 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Siswa 5 menambahkan reaksi yang mungkin terjadi adalah jika pada bagian pereaksi merupakan  $\text{HCl}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Begitu pula untuk interaksi antara ion  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , tidak dapat melangsungkan reaksi. Hal ini dikarenakan  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah sehingga tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{OH}^-$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai keadaan ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air tetap dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NaCl}$ , siswa 5 mengungkapkan bahwa kesetimbangan air berada dalam kondisi yang tetap ketika garam  $\text{NaCl}$  dilarutkan ke dalam air. Hal ini dikarenakan konsentrasi ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air tetap, karena tidak digunakan bereaksi dengan ion-ion dari garam. Oleh karena itu, sifat larutan  $\text{NaCl}$  adalah netral.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 5 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 mengungkapkan bahwa sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  adalah asam berdasarkan perubahan warna kertas lakmus biru menjadi merah. Selain itu, sifat asam pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  berdasarkan asam basa pembentuknya yaitu asam kuat dan basa lemah. Siswa 5 menentukan sifat larutan berdasarkan asam pembentuknya yang bersifat kuat.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 5 mengungkapkan bahwa padatan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan terurai menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

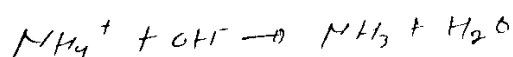


Gambar 4.94 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Sehingga partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang memungkinkan terjadinya reaksi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 5 mengungkapkan bahwa interaksi antar ion-ion dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang memungkinkan terjadi di antaranya  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 menjawab bahwa ion  $\text{Cl}^-$  merupakan ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air.  $\text{Cl}^-$  bereaksi dengan air untuk membentuk  $\text{HCl}$ . Sehingga larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam. Menurut siswa 5, sifat asam berasal dari ion  $\text{H}^+$  dari molekul  $\text{HCl}$ , karena menurutnya ciri dari suatu larutan asam mengandung ion positif.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air, siswa 5 mengungkapkan bahwa dari ion-ion yang saling berinteraksi tersebut yang memungkinkan terjadinya reaksi yaitu  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Pertama, untuk interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah atau tepatnya basa yang lebih lemah daripada air memiliki kemampuan untuk menangkap protonnya yang lemah. Oleh sedangkan itu interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat bereaksi. Kedua, untuk interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  memungkinkan terjadinya suatu reaksi, karena  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam yang lebih kuat dari air sehingga mampu untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat. Reaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.95 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 5

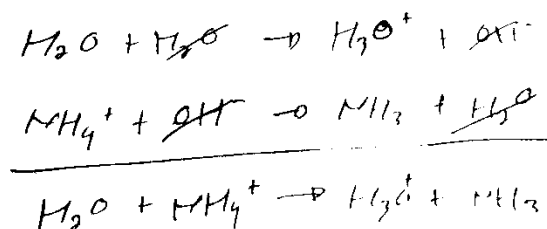
Siswa 5 mengungkapkan bahwa reaksi tersebut hanya berlangsung satu arah, yaitu  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Menurut siswa 5,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  tersebut tidak dapat melangsungkan reaksi balik dikarenakan sifat



$\text{NH}_3$  sebagai basa lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  juga asam lemah sehingga tidak akan terjadi transfer proton. Karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$  konsentrasi  $\text{OH}^-$  semakin lama menjadi semakin berkurang, sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Akibat konsentrasi ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang tidak sama lagi, maka terjadilah gangguan kesetimbangan.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 mengenai peristiwa penguraian air, siswa 5 mengungkapkan bahwa terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah  $\text{OH}^-$  atau ke arah yang konsentrasinya berkurang. Namun, penjelasan yang diberikan masih kurang tepat. Siswa 5 mengungkapkan bahwa untuk mengurangi gangguan tersebut maka konsentrasi pereaksi  $\text{H}_2\text{O}$  harus ditambahkan, sehingga konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}$  bertambah maka  $\text{H}_2\text{O}$  dapat mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, siswa 5 diberikan *probing*. Pertama, siswa 5 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.96 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Arah panah reaksi yang dituliskan oleh siswa 5 pada reaksi hidrolisis hanya berlangsung satu arah. Menurutnya, karena sifat  $\text{NH}_3$  sebagai basa lemah maka tidak mempunyai kekuatan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ , sehingga  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat melangsungkan reaksi balik.

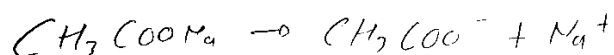
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 5 mengungkapkan di antaranya terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{Cl}^-$  yang tidak mengalami reaksi. Sedangkan  $\text{OH}^-$  habis dalam larutan karena digunakan untuk bereaksi. Walaupun reaksi hidrolisis yang ditulis oleh siswa 5 hanya berlangsung

satu arah, tetapi siswa 5 masih menyebutkan partikel-partikel pada bagian pereaksi yaitu  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$  terdapat dalam larutan. Dari pernyataan tersebut menunjukkan siswa 5 tidak memahami bahwa reaksi hidrolisis merupakan suatu reaksi yang membentuk kesetimbangan.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis serta pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 5 mengungkapkan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam karena pada hasil reaksi hidrolisis terdapat  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Adanya  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan menunjukkan larutan bersifat asam. Namun, siswa 5 tidak dapat menjelaskan bahwa konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis menjadi lebih banyak daripada  $\text{OH}^-$ . Hal ini kemungkinan dikarenakan siswa 5 tidak memahami konsep pergeseran kesetimbangan air.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 5 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  memiliki sifat basa berdasarkan uji coba sifat asam basa larutan garam menggunakan kertas lakmus yakni kertas lakmus merah berubah biru ketika dimasukkan ke dalam larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Selain itu, larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa karena asam basa pembentuknya adalah asam lemah dan basa kuat. Siswa 5 menentukan sifat larutan berdasarkan basa pembentuknya yang bersifat kuat.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 5 mengungkapkan padatan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan terurai menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

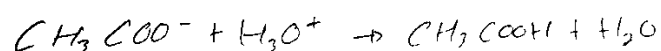


Gambar 4.97 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Sehingga partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 5 mengungkapkan interaksi yang terjadi antar ion-ion dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 menjawab bahwa  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air, namun tidak dapat memberikan penjelasannya.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air, siswa 5 mengungkapkan bahwa dari ion-ion yang saling berinteraksi tersebut yang memungkinkan terjadinya reaksi adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Hal ini dikarenakan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat dari air sehingga mampu untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat. Oleh karena itu interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  saling mengadakan transfer proton sehingga terjadi reaksi. Sedangkan untuk interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah atau tepatnya asam yang lebih lemah daripada air sehingga kemampuan untuk mendonorkan protonnya pun lemah. Oleh karena itu interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak dapat bereaksi. Reaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  digambarkan sebagai berikut.



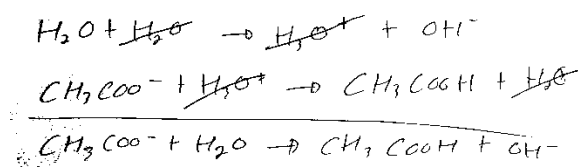
Gambar 4.98 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Siswa 5 mengungkapkan bahwa reaksi tersebut hanya berlangsung satu arah, yaitu  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Menurut siswa 5,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  tidak dapat melangsungkan reaksi balik dikarenakan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sifatnya sebagai asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  pun basa lemah sehingga tidak akan terjadi transfer proton. Konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  semakin lama menjadi semakin berkurang karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , sedangkan  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Akibat dari konsentrasi ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang tidak sama lagi, maka terjadilah gangguan kesetimbangan.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 mengenai peristiwa penguraian air, siswa 5 mengungkapkan terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah  $\text{H}_3\text{O}^+$  atau

ke arah yang konsentrasinya berkurang. Siswa 5 mengungkapkan bahwa untuk mengatasi gangguan pada kesetimbangan air, maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi penguraian menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah air mengalami reaksi penguraian, keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  berbeda. Ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  tetap sedikit karena digunakan untuk bereaksi, sedangkan ion  $\text{OH}^-$  menjadi lebih banyak.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, siswa 5 diberikan *probing*. Pertama, siswa 5 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisisnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.99 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Siswa 5 menulis arah panah reaksi hidrolisis hanya berlangsung satu arah. Menurutnya, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berperan sebagai asam lemah maka tidak mempunyai kekuatan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{OH}^-$ , sehingga  $\text{OH}^-$  dengan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  tidak dapat melangsungkan reaksi balik.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 5 mengungkapkan di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya lebih banyak daripada  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dan  $\text{Na}^+$  yang tidak mengalami reaksi. Walaupun reaksi hidrolisis hyang berlangsung anya ditulis satu arah, tetapi siswa 5 masih menyebutkan terdapat partikel-partikel pada bagian pereaksi. Dari pernyataan siswa tersebut, menunjukkan bahwa siswa 5 tidak memahami bahwa reaksi hidrolisis membentuk kesetimbangan.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis serta pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 5 mengungkapkan larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa dikarenakan pada hasil reaksi hidrolisis terdapat

konsentrasi  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang lebih banyak daripada  $\text{H}_3\text{O}^+$  akibat peristiwa penguraian air.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 5 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  memiliki sifat netral berdasarkan warna kertas lakmus yang tidak berubah ketika dimasukkan ke dalam larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Selain itu, larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral didasarkan pada asam basa pembentuknya yaitu asam lemah dan basa lemah. Siswa 5 menentukan sifat larutan berdasarkan asam basa pembentuknya yang sama-sama bereaksi.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 5 mengungkapkan padatan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  ketika dimasukkan ke dalam air akan terurai menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.

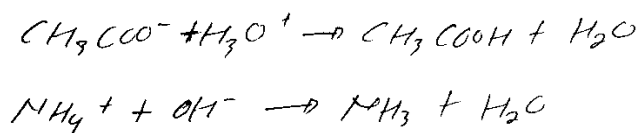


Gambar 4.100 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Sehingga partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 5 mengungkapkan interaksi yang terjadi antar ion-ion dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 5 menjawab bahwa  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{NH}_4^+$  adalah ion dari garam yang dapat bereaksi dengan air, namun tidak dapat memberikan penjelasannya.  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan basa yang lebih kuat dari air sehingga mampu untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat. Oleh karena itu interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  saling mengadakan transfer proton sehingga terjadi reaksi. Begitu pula  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam yang lebih kuat dari air sehingga mampu untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa

konjugasi kuat. Oleh karena itu interaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  saling mengadakan transfer proton sehingga terjadi reaksi. Reaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.101 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 5

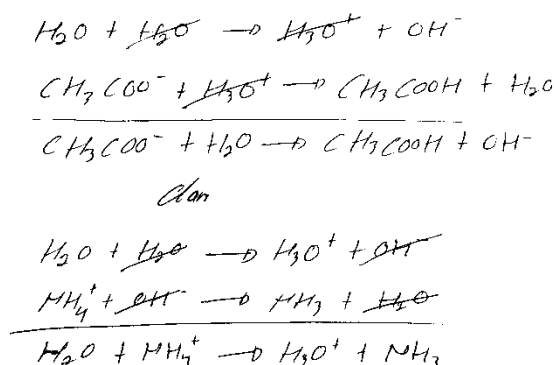
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 3 mengenai pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam, siswa 5 dapat menyebutkan jika nilai  $K_a$  dan  $K_b$  adalah sama maka larutan garam akan bersifat netral. Namun tidak dapat memberikan penjelasan mengenai maksud dari nilai  $K_a$  dan  $K_b$  tersebut. Siswa 5 juga tetap menyatakan semua garam yang terbentuk dari asam lemah dan basa lemah akan bersifat netral karena ion-ionnya mengalami reaksi.

Siswa 5 mengungkapkan bahwa reaksi tersebut hanya berlangsung satu arah.  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Menurut siswa 5,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  tidak dapat melangsungkan reaksi balik dikarenakan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sifatnya sebagai asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  pun basa lemah sehingga tidak akan terjadi transfer proton. Konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  semakin lama menjadi semakin berkurang karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , sedangkan  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Tetapi menurutnya karena  $\text{NH}_4^+$  juga bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  sehingga  $\text{OH}^-$  juga ikut berkurang.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 mengenai peristiwa penguraian air, siswa 5 mengungkapkan larutan yang kedua ionnya sama-sama bereaksi maka  $\text{H}_2\text{O}$  akan mengalami reaksi penguraian menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang sama banyak. Ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  menjadi sama banyak karena sama-sama digunakan untuk bereaksi.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air, siswa 5 diberikan *probing*. Pertama, siswa 5 menuliskan kembali reaksi ionisasi air, kemudian reaksi dari ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , lalu dapat menuliskan persamaan kimia untuk

reaksi hidrolisisnya. Begitu pula untuk ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.102 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Siswa 5 menulis arah panah reaksi hidrolisis hanya berlangsung satu arah. Menurutnya, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berperan sebagai asam lemah maka tidak mempunyai kekuatan untuk mendonorkan proton kepada  $\text{OH}^-$ , sehingga  $\text{OH}^-$  dengan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  tidak dapat melangsungkan reaksi balik. Begitu juga dengan  $\text{NH}_3$  berperan sebagai basa lemah maka tidak mempunyai kekuatan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ , sehingga  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan  $\text{NH}_3$  tidak melangsungkan reaksi balik.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 6 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 5 mengungkapkan di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  yang konsentrasinya sama dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Walaupun reaksi hidrolisis yang berlangsung hanya ditulis satu arah, tetapi siswa 5 masih menyebutkan terdapat partikel-partikel pada bagian pereaksi. Dari pernyataan siswa tersebut, menunjukkan bahwa siswa 5 tidak memahami bahwa reaksi hidrolisis membentuk kesetimbangan.

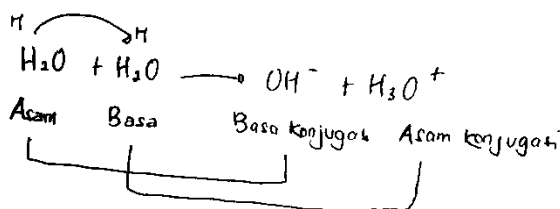
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis serta pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 5 mengungkapkan larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral dikarenakan pada hasil reaksi hidrolisis terdapat konsentrasi  $\text{OH}^-$  yang sama banyak dengan konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  akibat peristiwa penguraian air.

Berdasarkan uraian di atas, siswa 5 menjawab benar sebagian pertanyaan utama. Pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 5 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl” siswa 5 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NH<sub>4</sub>Cl” siswa 5 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan CH<sub>3</sub>COONa” siswa 5 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO” siswa 5 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*.

#### 6) Profil Model Mental Siswa 6

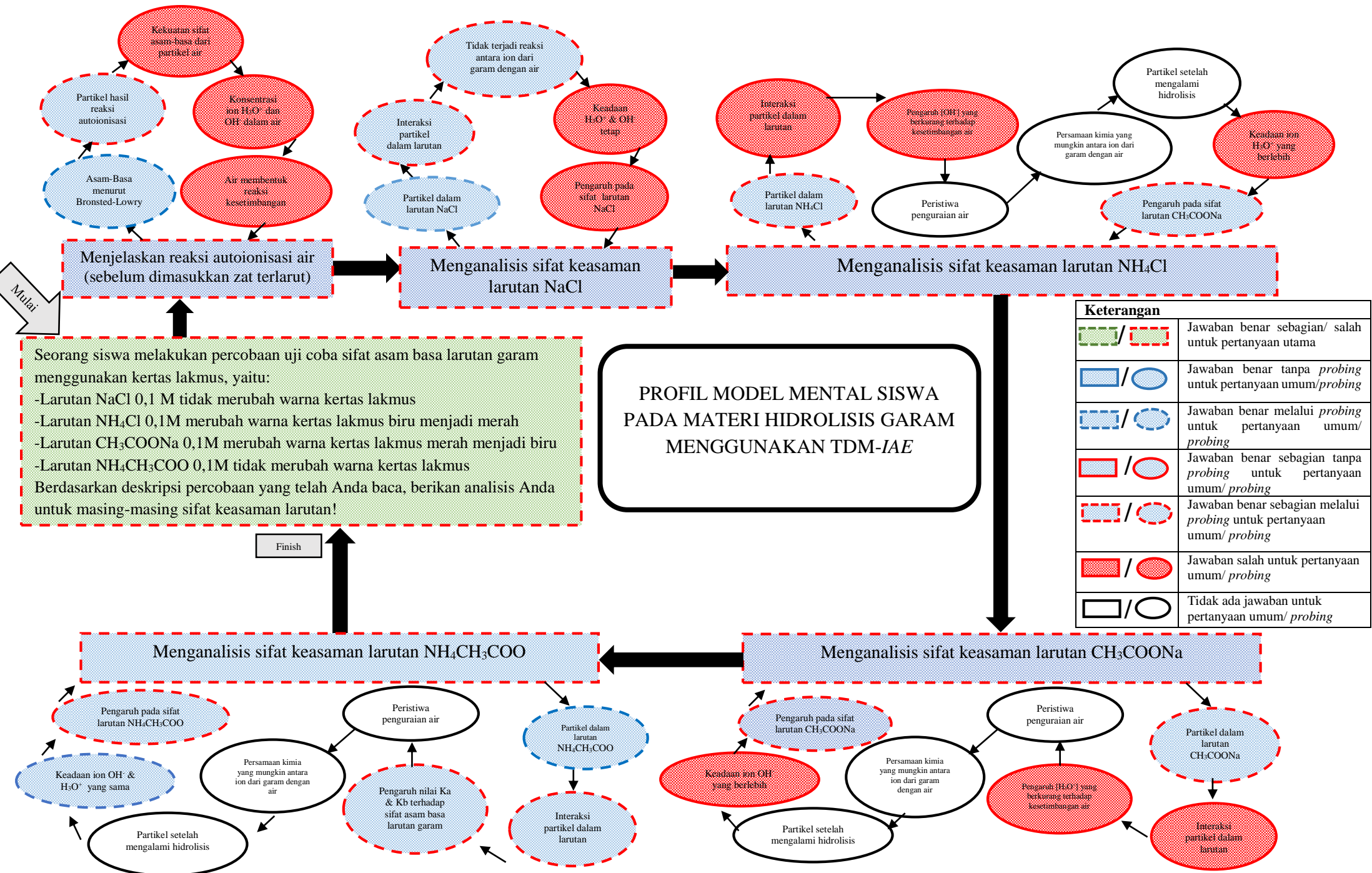
Berdasarkan Gambar 4. ketika “menjelaskan reaksi autoionisasi air”, siswa 6 dapat menjawab benar sebagian setelah diberi pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna biru bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 6 mengungkapkan bahwa menurut Bronsted-Lowry asam berperan sebagai pendonor H<sup>+</sup>, sedangkan basa berperan sebagai akseptor OH<sup>-</sup>. Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry, siswa 6 mengungkapkan bahwa seharusnya asam sebagai pendonor H<sup>+</sup> dan basa sebagai akseptor H<sup>+</sup>.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 mengenai partikel-partikel hasil reaksi autoionisasi air, siswa 6 mengungkapkan bahwa hasil dari ionisasi antara dua molekul H<sub>2</sub>O menghasilkan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.103 Persamaan Kimia untuk Reaksi Ionisasi H<sub>2</sub>O yang dituliskan oleh Siswa 6





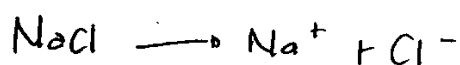
Gambar 4.104 Profil Model Mental Siswa 6

Menurut siswa 6 sudah benar bahwa persamaan ionisasi air berlangsung hanya satu arah. Pada saat diberikan pertanyaan *probing* umum 3 mengenai kekuatan sifat asam-basa dari masing-masing partikel air, siswa 6 mengungkapkan bahwa sifat H<sub>2</sub>O pada pereaksi yaitu sebagai asam kuat dan basa kuat. Namun, siswa 6 tidak dapat memberikan penjelasannya terkait kekuatan sifat H<sub>2</sub>O tersebut. Walaupun persamaan ionisasi yang dituliskan hanya berlangsung satu arah, siswa 6 menyebutkan partikel hasil ionisasi dari air terdapat OH<sup>-</sup>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, dan H<sub>2</sub>O. Hal ini berarti menurutnya masih terdapat H<sub>2</sub>O juga.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 dan 5 mengenai keadaan ion-ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dari air serta peran ionisasi air yang membentuk kesetimbangan, siswa 6 mengungkapkan bahwa terdapat ion-ion dari air dalam konsentrasi yang banyak. Namun siswa 6 tidak dapat memberikan penjelasan mengenai konsentrasi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> tersebut ada dalam jumlah yang banyak. Siswa 6 tidak dapat menjelaskan konsep kesetimbangan air.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan NaCl”, siswa 6 dapat menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna merah bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 6 mengungkapkan bahwa larutan NaCl bersifat netral dikarenakan pembentuknya berasal dari basa kuat dan asam kuat.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel dalam larutan NaCl di antaranya terdapat Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, dan OH<sup>-</sup>, serta H<sub>2</sub>O. Siswa 6 mengungkapkan bahwa ketika padatan NaCl dimasukkan ke dalam air maka padatan tersebut lama-kelamaan menjadi larut dalam bentuk ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.105 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan NaCl yang dituliskan oleh Siswa 6

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan NaCl, siswa 6 mengungkapkan bahwa dalam larutan NaCl terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya interaksi Cl<sup>-</sup> dengan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup>. Menurut siswa 6 keduanya akan mengalami reaksi dimana interaksi antara Na<sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> yang akan membentuk NaOH dan interaksi

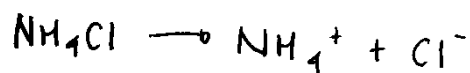
antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang akan menghasilkan  $\text{HCl}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 6 mengungkapkan bahwa baik interaksi  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  maupun  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak dapat mengalami suatu reaksi. Menurut siswa 6,  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi lemah. Kekuatan sifat asam dan basa dari masing-masing ion tersebut lemah, sehingga tidak akan terjadi transfer proton yang menyebabkan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat bereaksi. Begitu pula interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak dapat melangsungkan reaksi membentuk  $\text{NaOH}$ . Hal ini dikarenakan  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah dan  $\text{OH}^-$  sebagai basa konjugasi lemah. Kekuatan sifat asam dan basa dari masing-masing ion tersebut lemah, maka tidak akan terjadi transfer proton.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4 mengenai keadaan ion-ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air tetap, siswa 6 mengungkapkan bahwa dikarenakan ion-ion dari garam baik  $\text{Na}^+$  maupun  $\text{Cl}^-$  tidak ada yang mengalami reaksi dengan ion-ion dari air, sehingga konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam air tetap.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 5 mengenai sifat larutan  $\text{NaCl}$ , siswa 6 mengungkapkan bahwa garam  $\text{NaCl}$  ketika dimasukkan ke dalam air dianggap mengganggu kesetimbangan air. Hal ini dikarenakan sifat  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai pereaksi yang semula kekuatannya asam kuat dan basa kuat, setelah padatan  $\text{NaCl}$  dimasukkan ke dalam air kekuatan sifat  $\text{H}_2\text{O}$  berubah menjadi asam lemah dan basa lemah, sehingga hal ini berdampak pula terhadap sifat larutan  $\text{NaCl}$  menjadi lemah, yaitu netral.

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 6 menjawab dengan benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna merah bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 6 mengungkapkan bahwa sifat seluruh larutan adalah netral sama seperti larutan  $\text{NaCl}$ . Namun setelah melihat hasil percobaan larutan siswa 6 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam dikarenakan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dibentuk dari asam kuat dan basa lemah. Siswa 6 menentukan sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  berdasarkan kekuatan asam pembentuknya, yaitu  $\text{HCl}$  yang bersifat asam kuat. Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 6

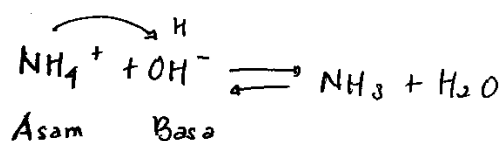
mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ketika dilarutkan ke dalam air akan terlarut menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.106 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 6

Sehingga setelah padatan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dimasukkan ke dalam air terdapat partikel-partikel di antaranya  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{OH}^-$ , serta  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  serta pengaruh konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air, siswa 6 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Menurut siswa 6, yang dapat bereaksi adalah ion  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang kemudian membentuk  $\text{HCl}$ , dimana  $\text{HCl}$  merupakan asam kuat dan hasil percobaan menunjukkan perubahan warna kertas lakmus biru menjadi merah yang berarti larutan bersifat asam. Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 6 mengungkapkan bahwa dari kedua interaksi ion tersebut tidak ada yang dapat mengalami reaksi. Interaksi antara  $\text{Cl}^-$  sebagai basa konjugasi lemah dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  sebagai asam konjugasi lemah, karena kekuatan sifat asam dan basanya lemah maka tidak dapat melangsungkan transfer proton, oleh sebab itu tidak terjadi reaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Untuk interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  pada awalnya mengatakan dapat melangsungkan suatu reaksi. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.107 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 6

Namun, siswa 6 mengubah pernyataannya dan mengungkapkan bahwa interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak dapat bereaksi karena tidak ada proses transfer proton antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Hal ini disebabkan oleh ion  $\text{OH}^-$  yang bersifat basa konjugasi lemah sehingga tidak mampu untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ .

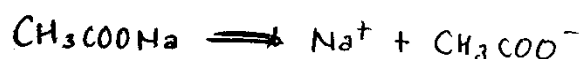
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4, 5, dan 6 mengenai peristiwa penguraian air, persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam

dengan air serta partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 6 tidak dapat memberikan jawaban. Hal ini kemungkinan dikarenakan siswa kesulitan dalam menentukan ion dari garam yang dapat bereaksi. Siswa 6 juga tidak dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis yang terjadi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Selain itu, siswa 6 juga tidak dapat menyebutkan partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , siswa 6 tidak dapat memberikan penjelasan. Walaupun demikian, siswa 6 mengetahui bahwa larutan memiliki sifat asam dikarenakan adanya ion pembawa sifat asam yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

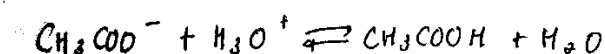
Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 6 dapat menjawab dengan benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna merah bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 6 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  memiliki sifat basa dikarenakan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dibentuk dari asam lemah dan basa kuat. Siswa 6 menentukan sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  berdasarkan kekuatan sifat basa pembentuknya, yaitu  $\text{NaOH}$  yang bersifat basa kuat. Selain itu, siswa 6 mengungkapkan bahwa ion dari garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dapat bereaksi dengan air yaitu ion  $\text{Na}^+$ .  $\text{Na}^+$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  membentuk  $\text{NaOH}$ , dimana  $\text{NaOH}$  merupakan basa kuat dan hasil percobaan menunjukkan kertas lakmus yang tadinya berwarna merah berubah menjadi biru.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{OH}^-$ , serta  $\text{H}_2\text{O}$ . siswa 6 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ketika dilarutkan ke dalam air akan terlarut menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.108 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 6

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  serta pengaruh konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang berkurang terhadap kesetimbangan air, siswa 6 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 6 mengungkapkan bahwa tidak ada yang dapat mengalami reaksi dari kedua interaksi ion tersebut. Interaksi antara  $\text{Na}^+$  yang merupakan asam konjugasi lemah dan  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi lemah, karena kekuatan sifat asam-basanya sama-sama lemah maka tidak dapat melangsungkan transfer proton, oleh sebab itu tidak terjadi reaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Untuk interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  pada awalnya mengatakan dapat melangsungkan suatu reaksi. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.109 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 6

Namun, siswa 6 mengubah pernyataannya dan mengungkapkan bahwa interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak dapat bereaksi sebab tidak ada kegiatan transfer proton antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Hal ini disebabkan oleh  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bersifat asam konjugasi lemah tidak mampu untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

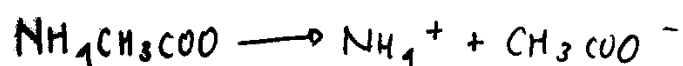
Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4, 5, dan 6 mengenai peristiwa penguraian air, persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 6 tidak dapat memberikan pernyataannya. Hal ini kemungkinan siswa kesulitan dalam menentukan ion dari garam yang dapat bereaksi. Siswa 6 juga tidak dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis yang terjadi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Serta siswa 6 juga tidak dapat memberikan jawaban untuk partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , siswa 6 tidak dapat memberikan

penjelasan bahwa larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa karena konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan lebih banyak dibandingkan dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Siswa 6 hanya sebatas mengetahui bahwa larutan yang bersifat basa dikarenakan adanya ion pembawa sifat basa yaitu  $\text{OH}^-$ .

Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$ ”, siswa 6 dapat menjawab dengan benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing* yang digambarkan dengan persegi panjang berwarna merah bergaris putus-putus berwarna merah. Sebelum diberikan pertanyaan *probing*, siswa 6 mengungkapkan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki sifat netral dikarenakan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  dibentuk dari asam lemah dan basa lemah. Siswa 6 menentukan sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  berdasarkan kekuatan sifat basa pembentuknya, yaitu  $\text{NH}_3$  yang bersifat basa lemah dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang bersifat asam lemah. Selain itu, siswa 6 mengungkapkan bahwa ion dari garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang dapat bereaksi dengan air yaitu ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Kedua ion bersifat lemah dan hasil percobaan menunjukkan tidak ada perubahan warna dari kertas lakmus.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 1 mengenai partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  di antaranya terdapat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{OH}^-$ , serta  $\text{H}_2\text{O}$ . siswa 6 mengungkapkan bahwa padatan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  ketika dilarutkan ke dalam air akan terlarut menjadi ion-ionnya. Hal ini digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.110 Persamaan Kimia untuk Disosiasi Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 6

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 2 dan 3 mengenai interaksi antar partikel yang terjadi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  serta pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam, siswa 6 mengungkapkan bahwa dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}^-$  terjadi interaksi antar ion-ionnya, di antaranya  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$ . Setelah diberikan pertanyaan *probing* khusus, siswa 6 tetap pada pernyataannya dimana tidak ada yang dapat mengalami reaksi dari kedua interaksi ion tersebut. Hal ini didasarkan pada ion di percobaan garam sebelumnya. Siswa 6 hanya dapat menjawab apa arti dari  $K_a$  dan  $K_b$  tetapi tidak

menjelaskan bagaimana pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  terhadap sifat asam basa larutan garam.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 4, 5, dan 6 mengenai peristiwa penguraian air, persamaan kimia untuk reaksi yang mungkin antara ion dari garam dengan air serta partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis, siswa 6 tidak dapat memberikan pernyataannya. Siswa 6 juga tidak dapat menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis yang terjadi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Serta siswa 6 juga tidak dapat memberikan jawaban untuk partikel-partikel yang terdapat dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis.

Ketika diberikan pertanyaan *probing* umum 7 dan 8 mengenai keadaan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  setelah mengalami reaksi hidrolisis dan pengaruhnya terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , siswa 6 tidak dapat memberikan penjelasan bahwa larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral karena memiliki nilai  $K_a$  dan  $K_b$  yang sama sehingga konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan adalah sama. Siswa 6 hanya sebatas mengetahui bahwa larutan bersifat netral berarti kondisi  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  juga sama.

Berdasarkan uraian di atas, siswa 6 menjawab benar sebagian pertanyaan utama. Pada saat “menjelaskan reaksi autoionisasi air” siswa 6 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Ketika “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ” siswa 6 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ” siswa 6 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ” siswa 6 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*. Pada saat “menganalisis sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ” siswa 6 menjawab benar sebagian setelah diberikan pertanyaan *probing*.

#### 4.4.2 Wawancara Kembali Setelah TDM-IAE dan Uji Coba

Berdasarkan hasil penelitian profil model mental masing-masing siswa pada materi sifat asam basa larutan garam dengan menggunakan TDM-IAE ini dapat diketahui konsep dalam materi sifat asam basa larutan garam yang tidak dipahami atau hanya dipahami sebagian oleh siswa. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah



tersebut, digunakan *game* edukasi berbasis intertekstual materi sifat asam basa larutan garam untuk mengkonstruksi pengetahuan secara mandiri guna mengatasi konsep yang salah, benar sebagian, atau tidak dapat dijawab oleh siswa sebelumnya.

Untuk mengetahui apakah siswa sudah memahami konsep sifat asam basa larutan garam setelah menggunakan *game* edukasi, maka dilakukan wawancara kembali kepada siswa untuk materi yang jawabannya salah, benar sebagian, dan tidak ada jawaban. Transkripsi hasil wawancara setelah uji coba secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 11 (Hal. 376).

Wawancara kembali untuk mengetahui kemampuan siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan secara mandiri untuk konsep yang belum dipahami sepenuhnya dilakukan setelah tujuh hari diberikan waktu untuk menyelesaikan permainan. Berdasarkan hasil wawancara setiap siswa membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Adapun hasil yang diperoleh dibahas sebagai berikut.

#### 1) Siswa 1

Untuk siswa 1, wawancara kembali dilakukan setelah delapan hari menyelesaikan *game* edukasi. Setelah itu, proses wawancara dilakukan kembali dan siswa 1 langsung dapat menjawab dengan benar untuk pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban.

Untuk konsep “reaksi autoionisasi air sebelum dimasukkan zat terlarut” ketika diberikan pertanyaan probing siswa 1 kurang memahami pasangan asam-basa konjugasi. Walaupun sudah di *probing*, siswa memberikan alasan yang tidak tepat untuk kekuatan sifat asam-basa pasangan konjugasi. Menurutnya, karena kekuatan sifat masing-masing molekul  $H_2O$  lemah dan lemah, jika bereaksi akan menghasilkan zat yang sifatnya kuat, oleh karena itu sifat dari  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  adalah asam konjugasi kuat dan basa konjugasi kuat. Reaksi ionisasi air yang berlangsung bolak-balik membentuk suatu kesetimbangan.

Setelah menggunakan *game* edukasi siswa 1 mampu menjelaskan alasan yang tepat, dimana  $H_2O$  merupakan elektrolit lemah, maka kekuatan sifat asam dan basanya adalah asam lemah dan basa lemah. Pada hasil reaksi dihasilkan ion  $H_3O^+$  dan ion  $OH^-$ . Asam lemah  $H_2O$  berpasangan dengan basa konjugasi kuat  $OH^-$ , dan basa lemah  $H_2O$  berpasangan dengan asam konjugasi kuat  $H_3O^+$ .  $H_3O^+$  yang

merupakan asam konjugat kuat memiliki kecenderungan untuk melepaskan protonnya ke  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugat kuat. Begitu pula sebaliknya  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Oleh karena itu,  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan, sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang sama. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 1 pada tantangan memilih persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi air dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, mulanya siswa 1 menuliskan persamaan kimia untuk reaksi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  hasilnya menjadi  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan arah panah reaksi hanya berlangsung satu arah, namun setelah diberikan *probing* lebih lanjut menggunakan konsep Bronsted-Lowry, hasilnya berupa  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Menuliskan arah panah reaksi terjadi bolak-balik. Namun alasan yang diberikan kurang tepat, menurutnya karena kekuatan sifat  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  adalah basa lemah dan asam lemah dapat bereaksi menghasilkan sifat yang kuat dengan kuat ( $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$ ).

Setelah menggunakan *game* edukasi siswa 1 mampu menjelaskan alasan yang tepat, dimana ion  $\text{NH}_4^+$  dari garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang bereaksi dengan air merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada air. Keseluruhan reaksi tersebut mengalami reaksi bolak balik akan membentuk kesetimbangan. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 1 pada penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 1 mengungkapkan bahwa interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  mampu melangsungkan reaksi karena kemampuan mentransfer protonnya sama-sama kuat sehingga bereaksi menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  serta membentuk kesetimbangan. Namun alasan yang diberikan tidak tepat, yaitu karena kekuatan sifat dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  asam lemah dan basa lemah maka bisa bereaksi menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat kuat basa kuat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) dan asam kuat ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 1 mampu menjelaskan alasan yang tepat, dimana interaksi yang terjadi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat mengalami suatu reaksi dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 1 pada penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  mampu melangsungkan reaksi karena kemampuan mentransfer protonnya sama-sama kuat sehingga bereaksi menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  serta  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  serta membentuk kesetimbangan. Namun alasan yang diberikan tidak tepat, yaitu karena kekuatan sifat dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  asam lemah dan basa lemah maka bisa bereaksi menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat basa kuat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) dan asam kuat ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Begitu pula sifat dari  $\text{NH}_3$  yang merupakan basa lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan basa lemah sehingga dapat melangsungkan reaksi balik menjadi ion-ionnya kembali yang bersifat asam kuat ( $\text{NH}_4^+$ ) dan basa kuat ( $\text{OH}^-$ ).

Setelah menggunakan *game* edukasi siswa 1 mampu menjelaskan alasan yang tepat, dimana sama seperti sebelumnya bahwa interaksi yang terjadi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat mengalami suatu reaksi dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Sedangkan untuk interaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat mengalami suatu reaksi dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat. Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi

kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, karena kekuatan basanya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Karena kedua ion saling berinteraksi maka untuk menentukan sifat asam basa larutan garamnya berdasarkan pada nilai  $K_a$  dan  $K_b$  ionnya. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 1 pada tantangan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral (misi 4) dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

## 2) Siswa 2

Untuk siswa 2 wawancara kembali dilakukan setelah tujuh hari menggunakan *game* edukasi. Selama proses wawancara siswa 2 langsung dapat menjawab dengan benar untuk pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 2 memahami kesetimbangan air mengalami gangguan. Tetapi alasan yang diberikan tidak tepat, menurutnya karena reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan  $\text{H}_2\text{O}$ , ada air lagi sebagai hasil reaksi yang berarti  $\text{H}_2\text{O}$  dalam larutan itu bertambah maka kesetimbangan air terganggu. Untuk mengurangi gangguan tersebut, maka terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah yang konsentrasinya berkurang yaitu ke arah  $\text{OH}^-$ . Tetapi penjelasan yang diberikan tidak relevan, menurutnya  $\text{H}_2\text{O}$  terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , lalu ion-ion tersebut bereaksi kembali membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Selain itu, Menurutnya larutan bersifat asam, karena pada hasil reaksi hidrolisis di dominasi oleh muatan positif yaitu  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , karena ciri dari suatu larutan yang sifatnya asam mengandung ion positif.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 2 dapat menjelaskan bahwa untuk mengurangi gangguan akibat reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{OH}^-$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. Sehingga akan terbentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat asam karena konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak dibandingkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 2 pada tantangan memilih persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (misi 2) dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

## 3) Siswa 3

Untuk siswa 3 wawancara kembali dilakukan setelah enam hari menggunakan *game* edukasi. Selama proses wawancara siswa 3 langsung dapat menjawab dengan benar untuk pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban

Untuk konsep “reaksi autoionisasi air sebelum dimasukkan zat terlarut “, siswa 3 menyatakan sifat masing-masing molekul  $H_2O$  adalah asam lemah dan basa lemah, oleh karena itu kemampuan ionisasi  $H_2O$  menghasilkan ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  dalam air ada dalam jumlah yang sedikit. Namun, tidak dapat mengaitkan kekuatan sifat ion-ion tersebut dengan konsep pasangan asam-basa konjugasi.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 3 dapat menjelaskan bahwa dalam autoionisasi air, untuk setiap molekul  $H_2O$  ada yang berperan sebagai asam dan molekul  $H_2O$  lainnya berperan sebagai basa.  $H_2O$  merupakan elektrolit lemah, maka kekuatan sifat asam dan basanya adalah asam lemah dan basa lemah. Pada hasil reaksi dihasilkan ion hidronium ( $H_3O^+$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Asam lemah  $H_2O$  berpasangan dengan basa konjugasi kuat  $OH^-$ , dan basa lemah  $H_2O$  berpasangan dengan asam konjugasi kuat  $H_3O^+$ .  $H_3O^+$  yang merupakan asam konjugat kuat memiliki kecenderungan untuk melepaskan protonnya ke  $OH^-$  yang merupakan basa konjugat kuat. Begitu pula sebaliknya  $OH^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $H_3O^+$ . Oleh karena itu,  $H_2O$  mengalami reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan, sehingga  $H_2O$  menghasilkan ion  $H_3O^+$  dan ion  $OH^-$  dengan konsentrasi yang sama. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 3 pada penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $NH_4Cl$ ”, siswa 3 sudah menuliskan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis berlangsung secara bolak-balik membentuk kesetimbangan, tetapi tidak dapat memberikan penjelasannya secara logis, hanya berdasarkan reaksi-reaksi sebelumnya berlangsung dua arah.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 3 dapat menjelaskan bahwa bereaksinya  $NH_4^+$  dengan  $OH^-$  menyebabkan jumlah  $OH^-$  tersebut di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $H_3O^+$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $H_2O$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $OH^-$  yang bereaksi

membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. Reaksi yang terjadi tersebut merupakan reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan, dimana terbentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat asam karena konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak dibandingkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 3 pada penguatan konsep dalam *game* edukasi.

#### 4) Siswa 4

Untuk siswa 4 wawancara kembali dilakukan sebanyak dua kali. Pada enam hari setelah menggunakan *game* edukasi kimia, siswa 4 sudah menyelesaikan semua misi dalam *game* edukasi. Tapi masih belum mampu menjelaskan seluruh pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai jawaban. Siswa 4 kembali menggunakan *game* edukasi dan wawancara dilakukan keesokan harinya. Selama proses wawancara kedua, siswa 4 baru dapat menjawab dengan benar untuk semua pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 4 menyatakan jumlah  $\text{OH}^-$  semakin sedikit karena digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$ , sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Hal ini menyebabkan kesetimbangan air mengalami gangguan, karena  $\text{OH}^-$  yang seharusnya digunakan untuk bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ , justru bereaksi dengan  $\text{NH}_4^+$ . Namun, penjelasan yang diberikan untuk mengurangi gangguan pada kesetimbangan kurang relevan, karena tidak paham makna dari pergeseran kesetimbangan. Untuk mengurangi gangguan pada kesetimbangan dilakukan dengan cara penambahan  $\text{OH}^-$ . Penambahan  $\text{OH}^-$  dilakukan dengan cara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dari reaksi autoionisasi yang ada dua, menurutnya satu sudah bereaksi, sedangkan satu lagi belum, maka satu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  ini mengalami reaksi penguraian menjadi  $\text{OH}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Setelah terurai,  $\text{OH}^-$  nya tetap digunakan untuk bereaksi.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 4 dapat menjelaskan bahwa bereaksinya  $\text{OH}^-$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu dan untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{OH}^-$  yang bereaksi membuat semakin

banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. Sehingga akan terbentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat asam karena konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak dibandingkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 4 pada tantangan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam (misi 2) dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 4 juga menyatakan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang digunakan untuk bereaksi jumlahnya semakin lama menjadi semakin sedikit, sedangkan  $\text{OH}^-$  dari air jumlahnya tetap. Hal ini mengakibatkan kesetimbangan air terganggu. Untuk mengurangi gangguan tersebut maka satu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dari reaksi autoionisasi yang belum bereaksi akan terurai menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Setelah terurai jumlah  $\text{OH}^-$  di dalam larutan menjadi bertambah banyak maka dari itu larutan bersifat basa, sedangkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tetap sedikit karena digunakan untuk bereaksi.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 4 dapat menjelaskan bahwa bereaksinya  $\text{H}_3\text{O}^+$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. sehingga akan terbentuk ion  $\text{OH}^-$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat basa karena konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  lebih besar dibandingkan konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 4 pada tantangan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa (misi 3) dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 4 menyatakan karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dapat bereaksi kembali menghasilkan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  serta  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dapat bereaksi kembali menghasilkan  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Karena sama-sama bereaksi sehingga nilai  $K_a$  dan  $K_b$  pasti sama. Namun tidak dapat mengaitkan pengaruh nilai  $K_a$  dan  $K_b$  ini terhadap sifat netral yang dimiliki

larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Dari sini terlihat adanya kesalahan dalam mengartikan maksud nilai  $K_a$  dan  $K_b$  dalam menentukan sifat larutan. Kondisi  $K_a > K_b$  ataupun  $K_a < K_b$  mempengaruhi sifat larutannya menjadi berbeda namun tidak dapat menjelaskan perbedaannya bagaimana.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 4 dapat menjelaskan jika kation dan anionnya dapat mengalami hidrolisis, maka dapat menghasilkan larutan yang bersifat asam, basa atau netral. Larutan yang mengandung kation dan anion jenis ini sifatnya bergantung pada kekuatan relatif ionnya. Untuk larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  nilai  $K_a = K_b$  maka kation cenderung menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan jumlah yang sama dengan ion  $\text{OH}^-$  sehingga  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$  yang artinya bersifat netral. Selain itu, siswa 4 juga dapat menyatakan bahwa jika nilai  $K_a > K_b$  maka larutan garam bersifat asam karena kation yang terhidrolisis lebih banyak daripada anion yang terhidrolisis. Juga jika  $K_a < K_b$  maka anion yang terhidrolisis lebih banyak daripada kation sehingga larutan garam bersifat basa. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 4 pada tantangan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral (misi 4) dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

#### 5) Siswa 5

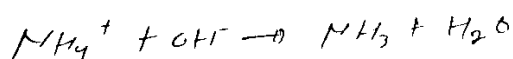
Untuk siswa 5 wawancara kembali dilakukan sebanyak dua kali. Pada lima hari setelah menggunakan *game* edukasi kimia, siswa 5 sudah menyelesaikan semua misi dalam *game* edukasi. Tapi masih belum mampu menjelaskan seluruh pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai jawaban. Siswa 5 kembali menggunakan *game* edukasi dan wawancara dilakukan keesokan harinya. Selama proses wawancara kedua siswa 5 baru dapat menjawab dengan benar untuk semua pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban.

Untuk konsep “reaksi autoionisasi air sebelum dimasukkan zat terlarut”, siswa 5 mengungkapkan kekuatan sifat masing-masing molekul  $\text{H}_2\text{O}$  adalah asam lemah dan basa lemah, reaksi ionisasi berlangsung sebagian menghasilkan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  karena reaksi nya sebagian maka ion-ion dari air ada dalam jumlah yang sedikit. Kekuatan sifat asam-basa dari hasil reaksi yaitu  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, sedangkan  $\text{OH}^-$  basa konjugasi kuat, namun tidak memberikan alasan terkait kekuatan sifat pasangan konjugasi.



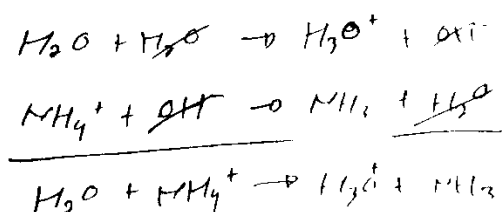
Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 5 dapat menjelaskan dalam autoionisasi air, asam lemah H<sub>2</sub>O berpasangan dengan basa konjugasi kuat OH<sup>-</sup>, dan basa lemah H<sub>2</sub>O berpasangan dengan asam konjugasi kuat H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> yang merupakan asam konjugat kuat memiliki kecenderungan untuk melepaskan protonnya ke OH<sup>-</sup> yang merupakan basa konjugat kuat. Begitu pula sebaliknya OH<sup>-</sup> yang merupakan basa konjugasi kuat memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. Oleh karena itu, H<sub>2</sub>O mengalami reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan, sehingga H<sub>2</sub>O menghasilkan ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> dengan konsentrasi yang sama. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 5 pada penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan NH<sub>4</sub>Cl”, siswa 5 menyatakan bahwa antara NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dapat bereaksi menghasilkan:



Gambar 4.111 Persamaan Kimia untuk Reaksi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dengan OH<sup>-</sup> yang dituliskan oleh Siswa 5

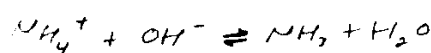
Tidak memahami bahwa reaksi seharusnya berlangsung dalam dua arah, menurutnya NH<sub>3</sub> sebagai basa lemah dan H<sub>2</sub>O sebagai asam lemah, karena kekuatan sifatnya lemah dengan lemah maka tidak akan mampu mentransfer proton dan mengalami reaksi balik. Jumlah OH<sup>-</sup> yang digunakan untuk bereaksi semakin lama semakin sedikit, sedangkan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dari air jumlahnya tetap. Akibat konsentrasi OH<sup>-</sup> yang berkurang, maka kesetimbangan air mengalami gangguan dan untuk mengurangi gangguan itu maka kesetimbangan harus bergeser ke arah OH<sup>-</sup>, tetapi penjelasan yang diberikan tidak relevan. Tidak dapat menjelaskan bahwa molekul air mengalami reaksi penguraian. Menurutnya agar kesetimbangan dapat bergeser ke arah OH<sup>-</sup>, maka konsentrasi H<sub>2</sub>O harus ditambah agar H<sub>2</sub>O bisa mendonorkan protonnya kepada OH<sup>-</sup>. Akibat pergeseran kesetimbangan air berpengaruh terhadap sifat larutan menjadi asam. Walaupun mengetahui bahwa larutan yang bersifat asam mengandung ion H<sup>+</sup>, tetapi ion H<sup>+</sup> dalam larutan NH<sub>4</sub>Cl ada dalam keadaan yang tetap. Selain melihat dari hasil uji coba menggunakan kertas lakmus, siswa 5 juga menyatakan bahwa larutan NH<sub>4</sub>Cl sifatnya asam karena ada ion pembawa sifat asam yaitu ion plus, yang kemungkinan maksudnya adalah ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis ditulis sebagai berikut:



Gambar 4.112 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis yang ditulis berlangsung juga masih dalam satu arah, menurutnya karena  $\text{NH}_3$  sebagai basa lemah maka tidak mempunyai kekuatan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Partikel-partikel dalam larutan setelah mengalami reaksi hidrolisis di antaranya  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , serta  $\text{Cl}^-$  tetapi tidak mengalami reaksi. Menurutnya  $\text{OH}^-$  dalam larutan sudah habis karena digunakan untuk bereaksi.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 5 dapat menjelaskan interaksi yang terjadi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat mengalami suatu reaksi karena ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatannya masih lebih kuat daripada air sehingga  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, karena kekuatannya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  mengalami reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan menghasilkan:



Gambar 4.113 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

Bereaksinya  $\text{OH}^-$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{OH}^-$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. Sehingga akan terbentuk ion

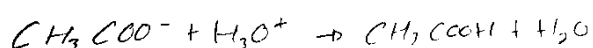
$\text{H}_3\text{O}^+$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat asam karena konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak dibandingkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Dari interaksi tersebut dapat diketahui bahwa ion dari garam yang mungkin bereaksi dengan air adalah  $\text{NH}_4^+$ . Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada air. Sehingga keseluruhan reaksi di atas reaksi bolak balik yang membentuk suatu kesetimbangan sebagai berikut:



Gambar 4.114 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

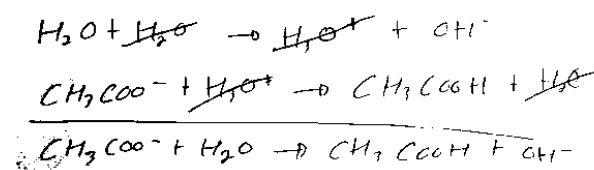
Dari penjelasan tersebut siswa 5 menyatakan bahwa dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  terdapat ion  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan masih terdapat  $\text{OH}^-$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 5 pada tantangan memilih spesi yang terdapat dalam larutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , menentukan persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat netral pada misi 2 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 5 menyatakan ketika  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  bereaksi menghasilkan:



Gambar 4.115 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Penulisan reaksi tersebut hanya berlangsung satu arah, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebagai asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai basa lemah tidak memiliki kecenderungan untuk saling mentransfer proton. Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis garam juga berlangsung hanya satu arah, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah tidak memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ .



Gambar 4.116 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 5 dapat menjelaskan bahwa  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan menghasilkan:



Gambar 4.117 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

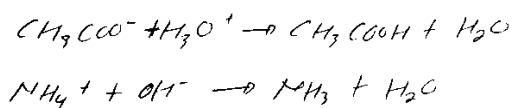
Bereaksinya  $\text{H}_3\text{O}^+$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan, sehingga akan terbentuk ion  $\text{OH}^-$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat basa karena konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  lebih besar dibandingkan konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dari interaksi tersebut dapat diketahui bahwa ion dari garam yang mungkin bereaksi dengan air adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari air. Reaksi berlangsung dalam reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan.



Gambar 4.118 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 5 pada tantangan menentukan persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi spesi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa pada misi 3 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

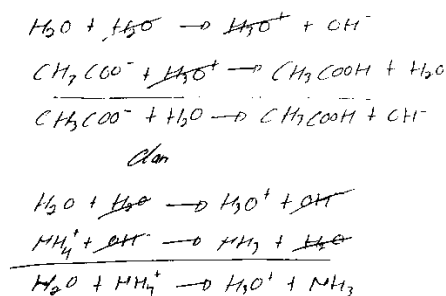
Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 5 menyatakan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  serta  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  bereaksi menghasilkan:



Gambar 4.119 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 5

Penulisan reaksi tersebut hanya berlangsung satu arah, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebagai asam lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai basa lemah serta  $\text{NH}_3$  sebagai basa lemah dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai asam lemah, sehingga tidak memiliki kecenderungan untuk saling mentransfer proton.

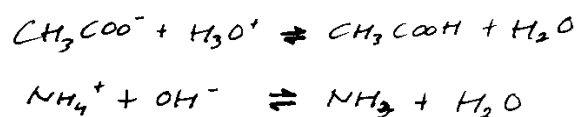
Nilai  $K_a$  dan  $K_b$  dari larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  adalah sama sehingga bersifat netral. Namun tidak dapat memberikan penjelasan mengenai maksud dari nilai  $K_a$  dan  $K_b$  tersebut. Namun menyatakan garam yang kation dan anionnya sama-sama bereaksi maka  $\text{H}_2\text{O}$  akan mengalami reaksi penguraian menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang sama banyak. Serta menyatakan semua garam yang terbentuk dari asam lemah dan basa lemah akan bersifat netral karena ion-ionnya mengalami reaksi. persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis garam dituliskan sebagai berikut:



Gambar 4.120 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 5

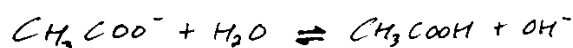
Akibat  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  jumlahnya sama mempengaruhi sifat larutan menjadi netral. Penulisan persamaan kimia untuk reaksi hidrolisis garam berlangsung hanya satu arah, karena  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang merupakan asam lemah tidak memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Serta  $\text{NH}_3$  yang merupakan asam lemah tidak memiliki kecenderungan untuk menarik proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 5 dapat menjelaskan bahwa  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Interaksi yang terjadi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  juga dapat mengalami suatu reaksi. Hal ini dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat. Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, karena kekuatan basanya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  serta  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan:



Gambar 4.121 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

Karena kation dan anionnya dapat mengalami hidrolisis, sehingga dapat menghasilkan larutan yang bersifat asam, basa atau netral. Larutan yang mengandung kation dan anion jenis ini sifatnya bergantung pada kekuatan relatif ionnya. Untuk larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  nilai  $K_a$  dari  $\text{NH}_4^+$  adalah  $5,6 \times 10^{-10}$  dan  $K_b$  dari  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah sama yaitu sehingga larutan memiliki  $\text{pH} = 7$  yang berarti memiliki sifat netral. Persamaan (4) dan (5) menggambarkan reaksi hidrolisisnya.



Gambar 4.122 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 5 Setelah Uji Coba

Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 5 pada tantangan menentukan persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral pada misi 4 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

6) Siswa 6

Untuk siswa 6 wawancara kembali dilakukan sebanyak dua kali. Pada tiga hari setelah menggunakan *game* edukasi kimia, siswa 6 sudah menyelesaikan semua misi dalam *game* edukasi. Tapi masih belum mampu menjelaskan seluruh pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai jawaban. Siswa 6 kembali menggunakan *game* edukasi dan wawancara dilakukan dua hari kemudian. Selama proses wawancara kedua, siswa 6 baru dapat menjawab dengan benar untuk semua pertanyaan yang sebelumnya belum sesuai dengan jawaban.

Untuk konsep “reaksi autoionisasi air sebelum dimasukkan zat terlarut “, siswa 6 menyatakan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam air di antaranya  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Namun, penulisan persamaan ionisasi air hanya berlangsung satu arah. Selain itu juga menyatakan jumlah ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air sangat banyak. Selain itu, menyatakan asam  $\text{H}_2\text{O}$  berpasangan dengan basa konjugasi  $\text{OH}^-$ , basa  $\text{H}_2\text{O}$  berpasangan dengan asam konjugasi  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Kekuatan sifat dari masing-masing pasangan konjugasi  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  adalah basa konjugasi lemah dan asam konjugasi lemah.

Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 6 dapat menuliskan bahwa reaksi autoionisasi adalah sebagai berikut



Gambar 4.123 Persamaan Kimia untuk Reaksi Autoionisasi  $\text{H}_2\text{O}$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Dalam autoionisasi air, untuk setiap molekul  $\text{H}_2\text{O}$  ada yang berperan sebagai asam dan molekul  $\text{H}_2\text{O}$  lainnya berperan sebagai basa.  $\text{H}_2\text{O}$  merupakan elektrolit lemah, maka kekuatan sifat asam dan basanya adalah asam lemah dan basa lemah.

Pada hasil reaksi dihasilkan ion hidronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Asam lemah  $\text{H}_2\text{O}$  berpasangan dengan basa konjugasi kuat  $\text{OH}^-$ , dan basa lemah  $\text{H}_2\text{O}$  berpasangan dengan asam konjugasi kuat  $\text{H}_3\text{O}^+$ .  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugat kuat memiliki kecenderungan untuk melepaskan protonnya ke  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugat kuat. Begitu pula sebaliknya  $\text{OH}^-$  yang merupakan basa konjugasi kuat memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Oleh karena itu,  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi bolak balik akan membentuk suatu kesetimbangan, sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  dengan konsentrasi yang sama. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 6 pada tantangan menentukan persamaan kimia untuk reaksi autoionisasi molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NaCl}$ ”, siswa 6 walaupun menyatakan ion-ion dari air ( $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$ ) tidak ada yang digunakan untuk bereaksi dengan ion-ion dari garam ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ ), tetapi masuknya garam  $\text{NaCl}$  ke dalam air dianggap mengganggu kesetimbangan air. Hal ini disebabkan kekuatan sifat  $\text{H}_2\text{O}$  yang semula asam kuat dan basa kuat berubah menjadi asam lemah dan basa lemah, sehingga hal ini berdampak pula terhadap sifat larutan  $\text{NaCl}$  menjadi lemah dan sifatnya menjadi netral.

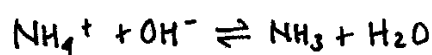
Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 6 dapat menjelaskan karena  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  tidak dapat bereaksi dengan air berarti tidak terjadi reaksi antara ion-ion garam dengan air, keseimbangan antara ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dari air tetap terjaga. Hal tersebut membuat larutan  $\text{NaCl}$  memiliki sifat netral. Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 6 pada tantangan menentukan persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NaCl}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NaCl}$  bersifat netral pada misi 1 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ”, siswa 6 menjelaskan bahwa ion-ion dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  saling mengadakan interaksi di antaranya  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Menurutnya dari kedua interaksi tersebut, tidak ada yang dapat mengalami reaksi. Interaksi antara  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah, dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi lemah, karena lemah dengan lemah maka tidak dapat melangsungkan transfer proton. Untuk interaksi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$  pun menyatakan tidak dapat melangsungkan transfer proton, karena  $\text{OH}^-$  yang bersifat basa lemah tidak mampu untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Siswa 6 juga tidak dapat menjelaskan bahwa



kesetimbangan air mengalami gangguan akibat konsentrasi  $\text{OH}^-$  berkurang yang menyebabkan terjadinya pergeseran kesetimbangan. Selain itu tidak dapat menjelaskan pengaruh dari pergeseran kesetimbangan terhadap sifat larutan. Serta tidak dapat menjelaskan bahwa keadaan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan lebih banyak. Siswa 6 menentukan sifat larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  asam hanya dilihat berdasarkan hasil percobaan yaitu kertas lakmus biru berubah menjadi merah. Sedangkan reaksi yang terjadi dalam larutan tidak bisa menjelaskan.

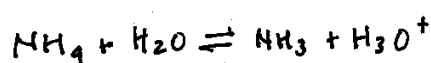
Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 6 dapat menjelaskan untuk interaksi yang terjadi antara ion  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  sangat kecil dan dapat diabaikan hal ini dijelaskan berdasarkan konsep asam-basa Bronsted-Lowry.  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang merupakan asam konjugasi kuat memiliki kecenderungan yang kuat pula untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{Cl}^-$ , namun  $\text{Cl}^-$  merupakan basa konjugasi lemah, karena kekuatan sifat basanya lebih lemah daripada air maka  $\text{Cl}^-$  tidak memiliki kecenderungan untuk menangkap proton tersebut. Oleh karena itu, interaksi antara  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  tidak akan mengalami reaksi, sebab tidak terjadi transfer proton antara kedua ion tersebut. Sedangkan interaksi yang terjadi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dapat mengalami suatu reaksi. Hal ini dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat. Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, karena kekuatan basanya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  dalam reaksi kesetimbangan sebagai berikut:



Gambar 4.124 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Bereaksinya  $\text{OH}^-$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{H}_3\text{O}^+$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{OH}^-$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat

kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan. Sehingga akan terbentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat asam karena konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  lebih banyak dibandingkan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Dari interaksi tersebut dapat diketahui bahwa ion dari garam yang mungkin bereaksi dengan air adalah  $\text{NH}_4^+$ . Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada air. Keseluruhan reaksi di atas dapat dituliskan ke dalam sebuah persamaan kimia untuk reaksi sebagai berikut:

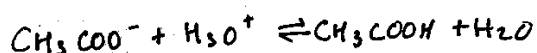


Gambar 4.125 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Sehingga partikel dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  setelah mengalami hidrolisis terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang jumlahnya lebih banyak dari  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 6 pada tantangan menentukan spesi yang terdapat dalam larutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam pada misi 2 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “Sifat keasaman larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ”, siswa 6 menyatakan bahwa interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak ada yang dapat mengalami reaksi. Interaksi  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak akan mengalami reaksi sebab  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah dan  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi lemah. Kemampuan untuk saling mentransfer proton lemah, sehingga tidak akan mengalami reaksi. Begitu juga dengan interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ .  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi lemah maka tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , sehingga tidak akan mengalami reaksi. Siswa 6 juga tidak paham bahwa kesetimbangan air terganggu akibat konsentrasi  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang semakin berkurang, karena dari awal pun tidak bisa menentukan interaksi ion-ion yang dapat mengalami reaksi. Selain itu tidak paham bahwa akibat pergeseran kesetimbangan air berpengaruh terhadap sifat larutan. Serta tidak paham bahwa konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  lebih banyak daripada ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam larutan yang bersifat basa.

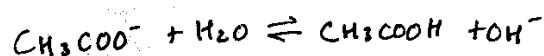
Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 6 dapat menjelaskan bahwa ion  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat memiliki kecenderungan yang kuat pula untuk menangkap proton dari  $\text{Na}^+$ , namun  $\text{Na}^+$  merupakan asam konjugasi lemah, karena kekuatan sifat asamnya sangat lemah daripada air maka  $\text{Na}^+$  tidak memiliki kecenderungan untuk mendonorkan proton. Oleh karena itu, interaksi antara  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak akan mengalami reaksi, sebab tidak terjadi transfer proton antara kedua ion tersebut. Sedangkan interaksi yang terjadi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat mengalami suatu reaksi. Hal ini dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatannya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dalam reaksi kesetimbangan menghasilkan:



Gambar 4.126 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Bereaksinya  $\text{H}_3\text{O}^+$  menyebabkan jumlahnya di dalam larutan menjadi berkurang, sedangkan jumlah  $\text{OH}^-$  dari air tetap. Hal itu menyebabkan kesetimbangan air terganggu, untuk mengurangi gangguan tersebut maka  $\text{H}_2\text{O}$  mengalami reaksi hidrolisis (penguraian). Semakin banyak  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang bereaksi membuat semakin banyak pula air yang mengalami penguraian. Hal itu membuat kesetimbangan ionisasi air bergeser ke sebelah kanan sehingga akan terbentuk ion  $\text{OH}^-$  berlebih di dalam larutan. Oleh karena itu larutan menjadi bersifat basa karena konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  lebih besar dibandingkan konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dari interaksi tersebut dapat diketahui bahwa ion dari garam yang mungkin bereaksi dengan air adalah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatannya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari air. Keseluruhan reaksi di atas dapat dituliskan ke dalam

sebuah persamaan kimia untuk reaksi seperti terlihat pada persamaan kimia untuk reaksi berikut:



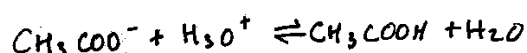
Gambar 4.127 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Sehingga partikel dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  setelah mengalami hidrolisis terdapat  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{OH}^-$  yang jumlahnya lebih banyak dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 6 pada tantangan menentukan spesi yang terdapat dalam larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa pada misi 3 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

Untuk konsep “sifat keasaman larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ”, siswa 6 menyatakan interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak ada yang dapat mengalami reaksi. Interaksi  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  tidak akan mengalami reaksi sebab  $\text{NH}_4^+$  merupakan asam konjugasi lemah dan  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi lemah. Kemampuan untuk saling mentransfer proton lemah, sehingga tidak akan mengalami reaksi. Begitu juga dengan interaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$ .  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi lemah maka tidak memiliki kemampuan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , sehingga tidak akan mengalami reaksi. Dengan demikian tidak adanya interaksi pada larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dianggap tidak mengganggu kesetimbangan air, sehingga hal ini berdampak pula terhadap sifat larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yaitu tetap 7,00. Siswa 6 juga tidak paham bahwa kation dan anion dari garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dapat mengalami hidrolisis sehingga sifatnya bergantung pada kekuatan relatif ionnya. Selain itu tidak paham bahwa anion dan kation garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  memiliki nilai konstanta yang sama dimana akan menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan jumlah yang sama dengan ion  $\text{OH}^-$  sehingga dalam larutan amonium asetat  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$  dan larutan memiliki  $\text{pH} = 7$ . Karena dari awal pun tidak bisa menentukan interaksi kedua ion dapat mengalami reaksi. Serta tidak paham bahwa akibat nilai  $K_a$  dan  $K_b$  yang sama berpengaruh terhadap sifat larutan dan tidak paham bahwa konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang sama banyak dengan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  menyebabkan larutan yang bersifat netral.

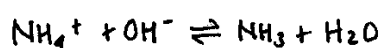
Setelah menggunakan *game* edukasi, siswa 6 dapat menjelaskan bahwa interaksi antara  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dapat mengalami suatu reaksi. Hal ini

dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat.  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan asam konjugasi kuat, karena kekuatan asamnya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Begitu pula ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  merupakan anion dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah basa lemah tetapi kekuatan basanya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Dengan demikian  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  bereaksi dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  menghasilkan:



Gambar 4.128 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dengan  $\text{H}_3\text{O}^+$  dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

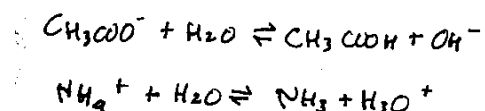
Interaksi yang terjadi antara  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  juga dapat mengalami suatu reaksi. Hal ini dikarenakan kecenderungan untuk mentransfer proton sama-sama kuat. Ion  $\text{NH}_4^+$  merupakan kation dari basa lemah  $\text{NH}_3$ , dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  adalah asam lemah tetapi kekuatan asamnya masih lebih kuat daripada air. Oleh karena itu,  $\text{NH}_4^+$  memiliki kecenderungan untuk mendonorkan protonnya kepada  $\text{OH}^-$ . Begitu pula  $\text{OH}^-$  merupakan basa konjugasi kuat, karena kekuatan basanya lebih kuat daripada air maka memiliki kecenderungan untuk menangkap proton dari  $\text{NH}_4^+$ . Dengan demikian  $\text{NH}_4^+$  bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  menghasilkan:



Gambar 4.129 Persamaan Kimia untuk Reaksi  $\text{NH}_4^+$  dengan  $\text{OH}^-$  dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Karena kation dan anionnya dapat mengalami hidrolisis, sehingga dapat menghasilkan larutan yang bersifat asam, basa atau netral. Larutan yang mengandung kation dan anion jenis ini sifatnya bergantung pada kekuatan relatif ionnya.

Untuk larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ,  $K_a$  dari  $\text{NH}_4^+$  dan  $K_b$  dari  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah sama dimana kation cenderung menghasilkan ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  dengan jumlah yang sama dengan ion  $\text{OH}^-$  sehingga dalam larutan amonium asetat konsentrasi ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  sama dengan konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang berarti memiliki pH 7 dan sifatnya adalah netral. Persamaan berikut menggambarkan reaksi hidrolisisnya.



Gambar 4.130 Persamaan Kimia untuk Reaksi Hidrolisis Larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang dituliskan oleh Siswa 6 Setelah Uji Coba

Selain itu juga dapat menyebutkan sifat asam basa larutan garam adalah asam jika  $K_a > K_b$  dan basa jika  $K_b > K_a$ . Pengetahuan tersebut didapat oleh siswa 6 pada tantangan menentukan spesi yang terdapat dalam larutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ , persamaan kimia untuk reaksi untuk interaksi yang mungkin terjadi diantara spesi-spesi dalam larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dan menentukan kesimpulan yang benar untuk alasan mengapa garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  bersifat netral pada misi 4 serta penguatan konsep dalam *game* edukasi.

#### 4.5 Tanggapan Guru dan Siswa terhadap *Game* Edukasi berbasis Intertestual pada Materi Sifat Asam Basa Larutan Garam

##### 4.5.1 Tanggapan Guru terhadap *Game* Edukasi

Pada tahap ini dilakukan penyebaran angket yang berisi tanggapan terhadap *game* edukasi kepada 2 guru SMA kelas XII di salah satu SMA Kota Jambi. Format angket yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 13 (Hal. 391) Berikut tanggapan guru terhadap *game* edukasi yang dikembangkan.

Tabel 4.8 Tanggapan Guru mengenai Kejelasan Karakter/Animasi dan Video

Kejelasan Karakter/Animasi dan Video	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
	Ya	Tidak	
Karakter/animasi yang disajikan dalam <i>game</i> edukasi teramati dengan jelas.	2	0	100%
Video yang disajikan dalam <i>game</i> edukasi teramati dengan jelas.	2	0	100%
Animasi yang ditampilkan dapat menjelaskan fenomena yang terjadi pada tingkat molekuler.	2	0	100%

Berdasarkan data yang diperoleh dari dua guru sebagai responden, tingkat persetujuan terhadap kejelasan karakter/animasi dan video dalam *game* edukasi adalah sebesar 100%.

Tabel 4.9 Tanggapan Guru mengenai Peran *Game* Edukasi

Peran <i>Game</i> Edukasi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
	Ya	Tidak	
<i>Game</i> edukasi ini dapat membantu Bapak/Ibu dalam memperjelas materi sifat asam basa larutan garam.	2	0	100%
<i>Game</i> edukasi ini dapat dijadikan alternative untuk digunakan dalam kegiatan mengajar oleh Bapak/Ibu.	2	0	100%
<i>Game</i> edukasi bersifat interaktif.	2	0	100%

Peran *game* edukasi dalam menjelaskan materi sifat asam basa larutan garam memiliki tingkat persetujuan sebesar 100%.

Tabel 4.10 Tanggapan Guru mengenai Kemudahan Navigasi

Navigasi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
	Ya	Tidak	
Tombol navigasi memudahkan pengoperasian <i>game</i> edukasi.	2	0	100%
Tombol navigasi mudah dimengerti.	2	0	100%

Berdasarkan data yang diperoleh, tingkat persetujuan terhadap kemudahan navigasi adalah sebesar 100%.

Tabel 4.11 Tanggapan Guru mengenai Penerapan Prinsip-Prinsip Belajar dalam *Game* Edukasi

Pedagogi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
	Ya	Tidak	
Pada bagian awal mengenai percobaan larutan garam, sudah memberikan informasi yang dekat dengan siswa.	2	0	100%
Penyampaian materi dari sederhana ke kompleks.	2	0	100%
Penyampaian materi dari factual ke konseptual.	2	0	100%
Penyampaian materi dapat membantu siswa untuk membangun pemahaman oleh siswa sendiri.	2	0	100%
Fenomena yang ditampilkan dekat dengan kehidupan siswa.	2	0	100%
Tidak terdapat konten yang menimbulkan miskonsepsi pada siswa.	2	0	100%
Tidak ada materi yang tidak berhubungan dalam <i>game</i> edukasi kimia.	2	0	100%

Berdasarkan data yang diperoleh, tingkat persetujuan mengenai penerapan prinsip-prinsip belajar dalam *game* edukasi adalah sebesar 100%.

Tabel 4.12 Tanggapan Guru mengenai Aspek Konten Sifat Asam Basa Larutan Garam

Konten	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
	Ya	Tidak	
<i>Game</i> edukasi ini dapat menentukan sifat asam basa larutan garam	2	0	100%
Karakter/animasi molekular pelarutan garam dapat teramati dengan jelas	2	0	100%
Karakter/animasi molekular reaksi antara kation/anion dari garam dengan air dapat teramati dengan jelas	1	1	50%
Animasi penambahan ion Hidronium/ion Hidroksida dapat teramati dengan jelas.	2	0	100%
Scene karakter/animasi pada larutan garam $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $\text{NaCH}_3\text{COO}$ , dan $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ dapat memberikan informasi bahwa kation/anion dari garam dapat bereaksi dengan air.	2	0	100%
Scene karakter/animasi pada larutan garam $\text{NaCl}$ dapat memberikan informasi bahwa kation dan anion dari garam tidak dapat bereaksi dengan air	2	0	100%

Berdasarkan data yang diperoleh, tingkat persetujuan mengenai materi sifat asam basa larutan garam dalam *game* edukasi adalah sebesar 91,67%.

Tabel 4.13 Tanggapan Guru terhadap *Game* Edukasi

No	Aspek Penilaian	Tingkat Persetujuan
1	Kejelasan karakter/animasi dan video	100%
2	Peran <i>game</i> edukais dalam menjelaskan materi sifat asam basa larutan garam	100%
3	Kemudahan navigasi	100%
4	Penerapan prinsip-prinsip belajar	100%
5	Materi sifat asam basa larutan garam	91,67%
		98,33%

Berdasarkan data di atas, diperoleh secara keseluruhan bahwa tingkat persetujuan responden terhadap kejelasan karakter/animasi dan video adalah sebesar 100%. Karakter/animasi dan video yang disajikan dalam *game* edukasi sudah dapat teramati dengan jelas sehingga pengguna dapat fokus dan tidak kebingungan saat mengamati karakter atau animasi maupun video. Pada tantangan menyelesaikan misi, ditampilkan video pengujian sifat asam basa larutan garam menggunakan kertas lakmus. Video yang ditampilkan ini merupakan makroskopik dari materi sifat asam basa larutan garam. Kemudian



karakter pada tantangan menyelesaikan misi merupakan simbolik dari materi sifat asam basa larutan garam, dan video pelarutan garam pada penguatan konsep, menjelaskan fenomena yang terjadi pada tingkat moleku.

Tingkat persetujuan responden terhadap peran *game* edukasi dalam menjelaskan materi sifat asam basa larutan garam adalah sebesar 100%. *Game* edukasi yang dihasilkan bersifat interaktif sehingga pengguna dapat mengontrol *game* edukasi titik *game* edukasi yang dihasilkan juga dapat membantu guru dalam menjelaskan materi sifat asam basa larutan garam.

Tingkat persetujuan responden terhadap kemudahan navigasi pada *game* edukasi yang dihasilkan adalah sebesar 100%. Tombol tombol navigasi yang terdapat dalam *game* edukasi dapat mudah dimengerti oleh pengguna dan memudahkan pengguna dalam mengoperasikan *game* edukasi.

Tingkat persetujuan responden terhadap prinsip-prinsip belajar yang diterapkan dalam *game* edukasi adalah sebesar 100%. dalam *game* edukasi sudah menerapkan prinsip-prinsip Belajar seperti penyampaian materi dari faktual konseptual, sederhana ke kompleks dan konkret dan abstrak. *game* edukasi yang dihasilkan tidak menimbulkan miskonsepsi bagi pengguna dan tidak terdapat materi yang tidak berhubungan.

Tingkat persetujuan responden terhadap materi yang disampaikan dalam *game* edukasi adalah sebesar 91,33%. Materi yang disampaikan dalam *game* edukasi sudah sesuai dengan materi yang diajarkan pada tingkat SMA. Namun, salah satu responden memberikan saran agar dalam animasi, peristiwa pelarutan garam  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  dibuat sama dengan pelarutan garam sebelumnya. Hal ini menjadi keterbatasan pengembang dalam mencari video yang sama untuk garam yang kedua ionnya mengalami hidrolisis.

#### **4.5.2 Tanggapan Siswa terhadap *Game* Edukasi**

Pada tahap ini ini dilakukan penyebaran angket yang berisi tanggapan terhadap *game* edukasi kepada 34 siswa SMA kelas XII. Materi sifat asam basa larutan garam merupakan materi pada kelas 11, pemilihan kelas XII karena siswa telah mempelajari materi sifat asam basa larutan garam sebelumnya. Format angket yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 14 (Hal. 394). Berikut tanggapan siswa terhadap *game* edukasi yang dikembangkan.

Tabel 4.14 Tanggapan Siswa mengenai Ketertarikan terhadap *Game* Edukasi

No	Ketertarikan terhadap <i>Game</i> Edukasi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
		Ya	Tidak	
1	Saya merasa tampilan <i>game</i> edukasi secara keseluruhan menambah minat untuk belajar.	30	4	88,23%
2	Melalui <i>game</i> edukasi ini, saya termotivasi untuk belajar.	30	4	88,23%
3	Dengan menggunakan <i>game</i> edukasi ini tercipta suasana belajar yang menyenangkan.	32	2	94,11%
				90,19%

Berdasarkan data yang diperoleh, *game* edukasi yang dikembangkan memiliki tingkat ketertarikan siswa untuk belajar sebesar 90,19%.

Tabel 4.15 Tanggapan Siswa mengenai Keterlibatan terhadap *Game* Edukasi

No	Keterlibatan terhadap <i>Game</i> Edukasi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
		Ya	Tidak	
1	Saya berusaha untuk menyelesaikan tantangan yang diberikan <i>game</i> edukasi.	30	2	88,23%

Berdasarkan table tersebut, siswa telah tertarik dalam keterlibatan *game* edukasi dengan tingkat persetujuan 88,23%.

Tabel 4.16 Tanggapan Siswa mengenai Pemahaman terhadap Materi melalui *Game* Edukasi

No	Pemahaman terhadap Materi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
		Ya	Tidak	
1	Saya merasa dengan <i>game</i> edukasi ini, pemahaman konsep pada <i>game</i> materi sifat asam basa larutan garam menjadi lebih baik.	27	7	79,41%
2	Fenomena yang disajikan dalam <i>game</i> edukasi familiar bagi saya.	30	4	88,23%
3	Melalui <i>game</i> edukasi ini, saya dapat menentukan sifat asam basa larutan garam.	33	1	97,05%
4	Melalui <i>game</i> edukasi ini, saya dapat menentukan kation/anion dari garam yang dapat bereaksi dengan air.	28	6	82,95%
				86,91%

Berdasarkan tabel tersebut, tingkat persetujuan untuk pemahaman terhadap materi dalam *game* edukasi adalah sebesar 86,91%.

Tabel 4.17 Tanggapan Siswa mengenai Tampilan *Game* Edukasi

No	Multimedia	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
		Ya	Tidak	
1	Saya menemukan kemudahan dalam mengendalikan navigasi pada <i>game</i> edukasi.	19	15	55,88%
2	<i>Game</i> edukasi menyediakan jawaban atas tantangan dalam misi yang memberikan pemahaman pada saya.	23	11	67,64%
3	Karakter/animasi yang disajikan memperjelas saya dalam memahami materi.	32	2	94,11%
4	Saya dapat melihat karakter/animasi dan video atau lainnya yang disajikan dengan jelas.	33	1	97,05%
5	Saya dapat membaca dengan jelas kata-kata (huruf-huruf) yang disampaikan pada <i>game</i> edukasi.	31	3	91,17%
				81,17%

Berdasarkan table tersebut, tanggapan siswa mengenai *game* edukasi yang ditampilkan adalah sebesar 81,17%.

Tabel 4.18 Tanggapan Siswa mengenai Kegunaan *Game* Edukasi

No	Kegunaan <i>Game</i> Edukasi	Tanggapan		Tingkat Persetujuan
		Ya	Tidak	
1	Saya merasa karakter/animasi pada <i>game</i> edukasi sangat penting dalam memvisualisasikan konsep.	30	4	88,23%

Berdasarkan data tersebut, tanggapan siswa terkait kegunaan *game* edukasi dalam pembelajaran adalah sebesar 88,23%.

Tabel 4.19 Tanggapan Siswa terhadap *Game* Edukasi

No	Aspek Penilaian	Tingkat Persetujuan
1	Ketertarikan terhadap <i>game</i> edukasi	90,19%
2	Keterlibatan terhadap <i>game</i> edukasi	88,23%
3	Pemahaman materi dalam <i>game</i> edukasi	86,91%
4	Tampilan <i>game</i> edukasi	81,17%
5	Kegunaan <i>game</i> edukasi	88,23%
		86,94%

Secara keseluruhan, pada aspek ketertarikan siswa terhadap *game* edukasi memiliki tingkat persetujuan sebesar 90,19%. Siswa termotivasi dalam belajar materi sifat asam basa larutan garam ketika peneliti memberikan *game* edukasi untuk dimainkan oleh siswa.

Tingkat persetujuan keterlibatan siswa terhadap *game* edukasi adalah sebesar 88,23%. Saat *game* edukasi dimainkan, siswa sangat antusias dalam menyelesaikan misi-misi yang terdapat dalam *game* edukasi. Dalam menyelesaikan misi yang terdapat dalam *game* edukasi, siswa harus mengulang kembali jika gagal.

*Game* edukasi dapat membantu siswa dalam memahami materi sifat asam basa larutan garam dengan tingkat persetujuan sebesar 86,91%. Beberapa siswa mengatakan bahwa fenomena yang terdapat dalam *game* edukasi familiar/diingat oleh siswa karena uji coba sifat asam basa larutan garam yang dilakukan adalah menggunakan kertas lakmus.

Tampilan *game* edukasi mendapatkan respon positif dari siswa dengan tingkat persetujuan sebesar 88,23%. tombol navigasi yang terdapat dalam *game* edukasi dapat dimengerti dengan mudah oleh siswa. karakter/animasi pun juga dapat teramati dengan jelas. Namun beberapa siswa masih membutuhkan waktu atau tambahan penjelasan untuk menguatkan konsep setelah menggunakan *game* edukasi.

Tingkat persetujuan untuk kegunaan *game* edukasi dalam memvisualisasikan konsep adalah sebesar 81,17%. hal ini berarti bahwa *game* edukasi yang dihasilkan dapat membantu siswa dalam menggambarkan yang terjadi secara submikroskopik pada materi sifat asam basa larutan garam.