

**MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTAL DAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

**DISERTASI**

**Oleh**

**Dominikus Djago Djoa  
NPM 2033031004**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

**MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTAL DAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

**DISERTASI**

Oleh

**Dominikus Djago Djoa**

Disusun sebagai persyaratan mencapai Derajat

**DOKTOR**

Pada

Program Studi Doktor Pendidikan



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN DAN PUBLIKASI DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Disertasi yang berjudul “MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTAL DAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, Tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Disertasi\* pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan FKIP UNILA sebagai Institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Disertasi\*) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Disertasi\* ini, maka Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA berhak mempublikasikan pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 2 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Dominikus Djago Djoa  
NPM 2033031004

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

**MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTALDAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

**DISERTASI**

Oleh:  
**Dominikus Djago Djoa**  
**NPM 2033031004**

Komisi  
Pembimbing

Nama

Tanda Tangan

Promotor

**Prof. Dr. Sunyono, M.Si.**  
NIP. 196512301991111001

Kopromotor I

**Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.**  
NIP. 196003011985031003

Kopromotor II

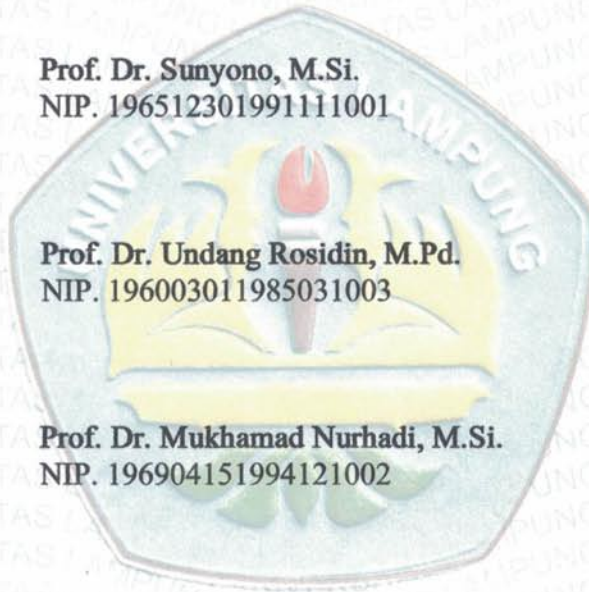
**Prof. Dr. Mukhamad Nurhadi, M.Si.**  
NIP. 196904151994121002

Telah dinyatakan memenuhi syarat  
Pada Tanggal **02 Agustus 2023**

Ketua Program Studi Doktor Pendidikan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Lampung,



**Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd.**  
NIP 19620330 198603 2 001







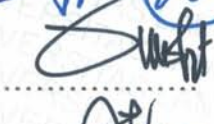

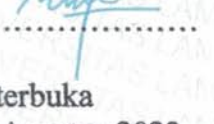
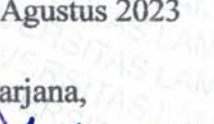
**PENGESAHAN PENGUJI**

**MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTALDAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

**DISERTASI**

Oleh:  
**Dominikus Djago Djoa**  
NPM 2033031004

**Tim Penguji**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	<b>Dr. Riswandi, M.Pd.</b> NIP 19760808 200912 1 001	
Sekretaris	<b>Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd.</b> NIP 19620330 198603 2 001	
Anggota	<b>Prof. Dr. Sunyono, M.Si.</b> NIP 19651230 199111 1 001	
	<b>Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.</b> NIP 19600301 198503 1 003	
	<b>Prof. Dr. Mukhamad Nurhadi, M.Si.</b> NIP. 19690415 199412 1 002	
	<b>Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.</b> NIP 19600821 198503 1 004	
	<b>Prof. Dr. Herpratiwi, M.Pd.</b> NIP 19640914 198712 2 001	
	<b>Prof. Yuli Rahmawati, M.Sc., Ph.D.</b> NIP 19800730 200501 2 003	

Telah dipertahankan di depan penguji pada sidang terbuka dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 02 Agustus 2023



Dekan FKIP Unila,

**Prof. Dr. Sunyono, M.Si.**  
NIP 19651230 199111 1 001



Direktur Pascasarjana,

**Prof. Dr. Mukhamad Nurhadi, M.Si.**  
NIP 19640315 198902 1 001

Tanggal lulus ujian disertasi : 02 Agustus 2023

## MOTTO

*“Pengalaman dan ilmu yang kita miliki jika tidak dibagikan kepada orang lain, ibarat pohon yang tak ada buahnya. Jadilah pohon yang subur dan lebat buahnya; subur akhlaknya dan lebat dengan buah-buah kebajikan yang selalu memberikan cita rasa tersendiri bagi orang lain. Cita rasa yang akan selalu dikenang disepanjang masa, karena kita adalah titipan Allah di dunia.”*  
*(Dominikus Djago Djoa, Mei 2023)*

*“Kerendahan dan ketulusan hati dalam setiap gerak langkah hidup kita, adalah kunci keberhasilan dan ketenangan dalam hidup ini.”*  
*(Dominikus Djago Djoa, Mei 2023)*

## **ABSTRAK**

### **MODEL PEMBELAJARAN *SiMaEXE* BERBASIS *MULTIPLE REPRESENTASI* DALAM MENINGKATKAN MODEL MENTAL DAN *SMART RISK-TAKING BEHAVIOR* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

Oleh

**Dominikus Djago Djoa**

Urgensi penelitian ini adalah lemahnya daya serap peserta didik terhadap pemahaman tiga level fenomena kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik) dan lemahnya guru dalam mengelola pembelajaran kimia. Salah satu model pembelajaran berbasis *multiple representasi* untuk membentuk model mental dalam memahami tiga level fenomena kimia adalah model pembelajaran *SiMaYang*. Model *SiMaYang* memiliki kelemahan, yaitu sulit membentuk imajinasi, pembelajaran harus berulang-ulang, dan belum sesuai karakter belajar abad 21, sehingga perlu perbaikan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan karakteristik dan kelayakan model pembelajaran *SiMaEXE* yang mampu membentuk model mental dan *smart risk-taking behavior* berdasarkan kemampuan awal dan hasil belajar peserta didik. Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X dari 3 (tiga) Sekolah Menengah Atas di Provinsi Lampung. Penelitian ini merupakan penelitian *mix method* tipe *multi stage evaluation* yang terdiri dari R&D dan eksperimen. Desain penelitian ini mengadopsi penelitian dan pengembangan atau R&D model Borg and Gall (2013). Pengukuran model mental menggunakan soal tes model mental, sedangkan pengukuran *smart risk-taking behavior* menggunakan angket IRT menurut Beghetto (2009). Penelitian ini menghasilkan model pembelajaran *SiMaEXE* guna mengatasi permasalahan pembelajaran tiga level fenomena kimia. Karakteristik model mental dan *smart risk-taking behavior* yang dihasilkan melalui model pembelajaran *SiMaEXE* didominasi oleh kategori baik dan baik sekali.

Kata kunci: model mental, *SiMaEXE*, *SiMaYang*, *smart risk-taking behavior*

## **ABSTRACT**

### **THE *SiMaEXE* LEARNING MODEL WITH BASED ON *MULTIPLE REPRESENTATIONS* IN IMPROVING MENTAL MODELS AND SMART RISK-TAKING BEHAVIOR ON CHEMISTRY LEARNING**

**By**

**Dominikus Djago Djoa**

The urgency of this research is the weak absorption of students in understanding the three levels of chemical phenomena (macroscopic, submicroscopic, and symbolic) and the weakness of teachers in managing chemistry learning. One of the learning models based on multiple representations to form a mental model in understanding the three levels of chemical phenomena is the *SiMaYang* learning model. The *SiMaYang* model has weaknesses, namely it is difficult to form imagination, learning must be repeated, and it is not yet in accordance with the character of 21<sup>st</sup> century learning, so it needs further improvement. This study aims to describe the characteristics and feasibility of the *SiMaEXE* learning model which is able to form mental models and smart risk-taking behavior based on students' initial abilities and learning outcomes. The population in this study were students of class X from 3 (three) high schools in Lampung Province. This research is a mixed method type multi-stage evaluation study which consists of R&D and experiments. The research design adopts the research and development or R&D model of Borg and Gall (2013). The measurement of the mental model uses mental model test questions, while the measurement of smart risk-taking behavior uses the IRT questionnaire according to Beghetto (2009). This research produced the *SiMaEXE* learning model to solve the learning problems of three levels of chemical phenomena. The characteristics of the mental model and smart risk-taking behavior generated through the *SiMaEXE* learning model are dominated by the good and very good categories.

Keywords: model mental, *SiMaEXE*, *SiMaYang*, smart risk-taking behavior



## NOVELTY

Hasil penelitian disertasi tentang model pembelajaran *SiMaEXE* menghasilkan beberapa novelty.

1. Novelty praksilogis:
  - a. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki 4 (empat) sintak pembelajaran, yaitu: (1) konstruksi, (2) adaptasi-elaborasi, (3) konfirmasi, dan (4) evaluasi. Keempat sintak model pembelajaran ini dilandasi dengan teori belajar konstruktivisme, teori *dual coding*, teori pemrosesan informasi, dan konsep Schnotz.
  - b. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki validitas/kelayakan yang tinggi berdasarkan penilaian validator.
  - c. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi, yang ditunjukkan dengan tingkat keterlaksanaan dan kemenarikan dalam pembelajaran “tinggi.”
  - d. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki efektivitas yang “tinggi.” Aktivitas peserta didik dalam pembelajaran dengan model pembelajaran *SiMaEXE* didominasi dengan kegiatan *online* belajar mandiri, kegiatan-kegiatan dalam fase adaptasi-elaborasi berupa diskusi secara berkelompok, respon dalam menanggapi presentasi hasil diskusi kelompok, kegiatan mengerjakan quis secara *online* di dalam *EXE Mode*, dan kegiatan testimoni di sosial media melalui *EXE Mode*.
2. Novelty teoretis:
  - a. Model pembelajaran *SiMaEXE* mampu menjelaskan bahwa pemrosesan informasi melalui dua saluran (verbal dan *nonverbal*) lebih baik dilakukan secara bertahap yaitu melalui saluran verbal terlebih dahulu, selanjutnya melalui saluran *nonverbal*. Penggunaan dua saluran verbal dan *nonverbal* secara bersamaan akan menyulitkan seseorang dalam memahami materi-materi yang bersifat abstrak.
  - b. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki karakteristik yang berbeda dengan model pembelajaran yang lain. Karakteristik atau ciri model pembelajaran *SiMaEXE* adalah konstruktif, adaptif-elaboratif, nalar deduktif, dan *learning to happiness*.
  - c. Pembentukan model mental yang baik atau model mental target dalam pembelajaran kimia (materi yang bersifat abstrak), dapat dilakukan dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE*. Tahapan pembentukan model mental melalui model pembelajaran *SiMaEXE*, adalah: (1) pemahaman awal secara verbal untuk membentuk model mental awal, (2) adaptasi/apersepsi untuk membentuk model mental konstruktif, (3) transisi pemahaman verbal ke *nonverbal* untuk membentuk model mental transisi, dan (4) elaborasi atau pemahaman secara utuh dan mendalam untuk membentuk model mental target. Hal ini menjelaskan bahwa pembentukan

model mental yang baik dapat dilakukan melalui pembelajaran yang mengikuti karakter belajar peserta didik abad 21 yang lebih menekankan pada pembelajaran berbasis teknologi informasi dan pembelajaran yang menyenangkan.

- d. *Smart risk-taking behavior* dalam pembelajaran kimia, mempunyai hubungan yang erat dengan model mental. Jika seseorang memiliki model mental yang baik, maka orang tersebut akan memiliki keberanian dalam mengambil keputusan secara cerdas. SRTB dalam pembelajaran kimia dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain; (1) belajar tidak terbatas pada ruang dan waktu menggunakan model pembelajaran yang menyesuaikan perilaku belajar peserta didik di abad 21, yaitu pembelajaran berbasis teknologi informasi, dan (2) kebebasan berekspresi untuk mencari informasi/pengetahuan dan pembentukan jati diri.

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Mahakuasa, karena berkat dan kasihNya dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul: “**Model pembelajaran *SiMaEXE* berbasis *multiple representasi* dalam meningkatkan model mental dan *Smart risk-taking behavior* pada Pembelajaran Kimia**” dengan lancar.

Dalam penyelesaian disertasi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, masukan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih setulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., Rektor Universitas Lampung
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Sunyono, M.Si., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung, sekaligus selaku Promotor disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.
4. Prof. Dr. Een Y. Haenilah, M.Pd., Ketua Program Studi Doktor Pendidikan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Dr. Dina Maulina, S.Pd., M.Si., Sekretaris Program Studi Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung.
6. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung dan Copromotor I disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.
7. Prof. Dr. Mukhamad Nurhadi, M.Si., Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Mulawarman dan Copromotor II disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.
8. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., pembahas dan penguji 1 yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan dalam penulisan disertasi ini.
9. Prof. Dr. Herpratiwi, M.Pd., pembahas dan penguji 2 yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan dalam penulisan disertasi ini.

10. Bapak Ibu validator ahli: Prof. Dr. Ramlan Silaban, M.Si. (Universitas Negeri Medan), Prof. Dr. Retno Dwi Suyanti, M.Si. (Universitas Negeri Medan), Dr. Saronom Silaban, M.Pd. (Universitas Negeri Medan), Prof. Dr. Atiek Winarti, M.Pd., M.Sc. (Universitas Lambung Mangkurat), Dr. Pintaka Kusumaningtyas, M.Si. (Universitas Mulawarman), Prof. Dr. Ida Umami, M.Pd., Kons. (IAIN Kota Metro), Ratna Widiastuti, S.Psi, M.A. (Universitas Lampung), dan Asri Mutiara Putri, M.Si (Universitas Malahayati).
11. Prof. Yuli Rahmawati, M.Sc., Ph.D, Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Jakarta dan penguji eksternal yang telah memberikan saran dan masukannya atas penulisan disertasi ini.
12. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D., yang telah memberikan support dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini.
13. Tim Edukasi 4.0 Lampung, yang telah membantu dalam pembuatan dan pengembangan aplikasi *EXE Mode*.
14. Bapak dan Ibu staff Prodi S3 Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.
15. Bapak dan Ibu guru SMAN 10 Kota Bandar Lampung, SMAK BPK Penabur Kota Bandar Lampung, SMAN 3 Kota Metro, dan SMAN 1 Kota Bandar Lampung yang telah membantu memberikan waktu dan tempat serta masukan dalam penelitian disertasi ini.
16. Bapak dan Ibu mahasiswa program studi Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung angkatan pertama 2020, yang telah memberikan *support* dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini.

Akhirnya penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam penulisan disertasi ini. Oleh karena itu saran dan kritik yang konstruktif yang diberikan, penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Disertasi ini memberikan manfaat bagi dunia pendidikan di Indonesia.

Penulis

Bandar Lampung, 2 Agustus 2023

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN DAN PUBLIKASI DISERTASI.....</b>	<b>i</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>NOVELTY.....</b>	<b>viii</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR-TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xxiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	9
C. Tujuan Penelitian .....	9
D. Manfaat Penelitian .....	10
1. Manfaat Praktis .....	11
2. Manfaat Teoretis .....	11
E. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	12
1. Asumsi Pengembangan.....	12
2. Keterbatasan Pengembangan .....	13
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR.....</b>	<b>15</b>
A. Kajian Pustaka .....	15
1. Konsep <i>multiple representasi</i> .....	15
2. Pembelajaran dengan <i>multiple representasi</i> .....	18
3. Teori-Teori yang Melandasi Pembelajaran Kimia.....	21

a. Teori Belajar Konstruktivisme .....	22
b. Teori Pemrosesan Informasi .....	25
c. Teori Dual coding (Dual coding theory = DCT).....	27
d. Elaborasi .....	31
e. <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB).....	33
f. Model mental.....	34
g. Model Mental tentang Fenomena Kimia .....	39
h. Kemampuan awal .....	44
i. Media Pembelajaran .....	46
j. Model pembelajaran .....	49
1) Komponen model pembelajaran.....	49
2) Model pembelajaran kimia <i>SiMaYang</i> .....	52
4. Model pembelajaran kimia yang akan dikembangkan.....	55
5. Tujuan pengembangan model pembelajaran yang hendak dicapai.....	65
6. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar pembelajaran terlaksana .....	65
a. Sintak .....	65
b. Sistem sosial .....	67
c. Prinsip reaksi.....	68
d. Sistem pendukung.....	68
e. Dampak instruksional dan dampak pengiring.....	68
7. Lingkungan belajar yang diperlukan .....	69
B. Kerangka Berpikir.....	71
C. Hipotesis Penelitian.....	74
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>75</b>
A. Jenis Penelitian.....	75
B. Prosedur Penelitian.....	75
1. Tahap studi pendahuluan .....	78
2. Tahap pengembangan desain model dan uji-terbatas .....	78
a. Rancangan model pembelajaran .....	78
b. Rancangan perangkat pembelajaran .....	78
c. Validasi ahli .....	79
d. Uji coba.....	79
3. Tahap pengujian/implementasi model .....	80

a. Lokasi dan Subjek Penelitian .....	80
b. Tahap pengujian.....	81
c. Variabel Penelitian dan Definisi Operasioan Variabel .....	82
1) Variabel penelitian.....	82
2) Definisi konseptual .....	82
3) Definisi operasional variabel .....	85
d. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data.....	87
1) Instrumen penelitian .....	87
a) Lembar observasi.....	87
b) Angket .....	88
c) Tes dan Pernyataan .....	88
d) Pedoman wawancara/interviu.....	90
e) Analisis validitas dan reliabilitas instrumen .....	90
(1) Validitas model dan instrumen.....	90
(2) Reliabilitas instrumen tes prestasi (capaian pembelajaran), model mental, SRTB, dan angket minat .....	92
f) Sensitivitas butir tes .....	92
2) Teknik pengumpulan data .....	93
a) Observasi (pengamatan) dan pemberian angket .....	93
b) Pemberian tes.....	94
c) Wawancara .....	94
3) Teknik Analisis Data .....	96
a) Analisis deksriptif.....	97
(1) Analisis data keterlaksanaan dan kemenarikan model .....	97
(2) Analisis data kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran dan data aktivitas peserta didik .....	98
(3) Analisis deksriptif model mental.....	99
4) Analisis statistik inferensial data kuantitatif.....	102

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 103**

A. Hasil Studi Pendahuluan .....	103
1. Analisis kebutuhan/ <i>need assessment</i> .....	104
a. Perspektif guru terhadap model pembelajaran SiMaYang dan model konvensional .....	104

b. Data kajian literatur .....	112
c. Data model mental peserta didik pada pembelajaran kimia.....	118
d. Data <i>smart risk-risk taking behavior</i> peserta didik pada pembelajaran kimia....	121
1) Pengecekan Normalitas Distribusi Data .....	126
2) Konstruk Validitas dan Reliabilitas Konvergen .....	126
3) Penilaian Validitas Diskriminan.....	127
4) <i>Inner Model Evaluation</i> .....	128
5) Pengujian Hipotesis .....	129
2. Identifikasi standar isi dan tujuan pembelajaran ikatan kimia.....	131
3. Analisis ruang lingkup materi pembelajaran ikatan kimia.....	133
4. Evaluasi dan review studi pendahuluan.....	133
B. Pengembangan Produk.....	134
1. Karakteristik model pembelajaran yang dikembangkan.....	134
a. Rasional dan dukungan teori yang logis dari perancanganya.....	135
b. Sintak model pembelajaran.....	137
1) Fase/tahap konstruksi .....	137
2) Fase/tahap adaptasi .....	138
3) Fase/tahap elaborasi.....	138
4) Fase/tahap konfirmasi.....	139
5) Fase/tahap evaluasi .....	140
c. Sistem sosial dan prinsip reaksi .....	140
d. Sistem pendukung.....	143
1) Fitur untuk guru (Tahapan pembuatan materi).....	145
a) <i>Login</i> aplikasi <i>EXE Mode</i> untuk guru.....	145
b) Proses pembuatan materi dalam <i>EXE Mode</i> .....	145
c) Pembuatan sub/bagian baru dan pengaturan waktu .....	146
2) Fitur untuk peserta didik.....	148
a) <i>Login</i> aplikasi <i>EXE Mode</i> untuk peserta didik.....	148
b) Proses/tahapan pembelajaran peserta didik menggunakan model <i>SiMaEXE</i> .....	151
e. Dampak instruksional dan dampak pengiring.....	159
2. Hasil validasi/penilaian ahli.....	160
a. Penilaian ahli terhadap model pembelajaran.....	161
b. Penilaian ahli terhadap perangkat pembelajaran.....	164



1) Penilaian ahli terhadap rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) .....	164
2) Penilaian ahli terhadap media aplikasi <i>EXE Mode</i> .....	165
3) Penilaian ahli terhadap lembar kegiatan peserta didik (LKPD) .....	166
4) Penilaian ahli terhadap soal tes model mental .....	168
5) Penilaian ahli terhadap angket <i>smart risk-taking behavior</i> .....	169
6) Penilaian ahli terhadap lembar observasi .....	170
7) Penilaian ahli terhadap pedoman wawancara .....	172
8) Penilaian ahli terhadap angket respon peserta didik .....	173
3. Hasil uji instrumen .....	174
a. Uji Validitas .....	174
1) Instrumen Model Mental .....	174
2) Instrumen Angket <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	175
b. Uji Reliabilitas .....	176
1) Instrumen Model Mental .....	176
2) Instrumen Angket <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	176
4. Sensitivitas butir soal tes model mental .....	177
5. Hasil uji coba I dan Uji coba II Model Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	177
a. Keterlaksanaan model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	178
b. Kemenarikan model <i>SiMaEXE</i> ditinjau dari respon peserta didik .....	185
c. Efektivitas model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	189
1) Kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran .....	189
2) Aktivitas peserta didik selama pembelajaran berlangsung .....	192
3) Model mental peserta didik .....	193
4) <i>Smart risk-taking behavior</i> peserta didik (SRTB) .....	195
C. Pengujian (Hasil Tahap Implementasi) Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	199
1. Deskripsi pelaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen .....	200
2. Analisis statistik inferensial uji beda model mental dan <i>smart risk-taking behavior</i> .....	209
a. Uji Prasyarat Analisis .....	210
1) Uji normalitas .....	210
2) Uji homogenitas kelas eksperimen <i>SiMaEXE</i> dengan kelas konvensional ....	212
b. Analisis pengaruh model pembelajaran dan kemampuan awal peserta didik terhadap model mental .....	213
1) Rerata Skor dan Simpangan Baku Model Mental peserta didik .....	214

2) Gain skor model mental.....	218
c. Analisis pengaruh model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> .....	219
1) Rerata Skor dan Simpangan Baku <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	220
2) Gain skor <i>smart risk-taking behavior</i> .....	224
d. Hasil Uji Hipotesis .....	225
1) Model Mental .....	225
a) Pengaruh model pembelajaran terhadap model mental pada setiap kemampuan awal peserta didik di SMA I .....	225
b) Pengaruh model pembelajaran terhadap model mental pada setiap kemampuan awal di SMA II .....	227
c) Pengaruh model pembelajaran terhadap model mental pada setiap kemampuan awal peserta didik di SMA III .....	229
d) Pengaruh model pembelajaran terhadap model mental pada kemampuan awal peserta didik di keseluruhan sekolah .....	232
2) <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	234
a) Pengaruh model pembelajaran terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> pada setiap kemampuan awal peserta didik di SMA I.....	234
b) Pengaruh model pembelajaran terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> pada setiap kemampuan awal di SMA II.....	236
c) Pengaruh model pembelajaran terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> pada setiap kemampuan awal peserta didik di SMA III.....	238
d) Pengaruh model pembelajaran terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> pada kemampuan awal peserta didik di Keseluruhan Sekolah.....	240
3) Hubungan antara model mental dengan <i>smart risk-taking behavior</i> .....	242
D. Pembahasan.....	244
1. Dampak Pengiring Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	244
a. Kemandirian dalam belajar kimia (konstruktif) .....	245
b. Pembentukan persepsi dalam memori kerja untuk membentuk imajinasi (adaptif-elaboratif).....	247
c. Konstruksi pengetahuan baru dan pemahaman secara utuh dan mendalam (bernalar deduktif).....	250
d. Pembelajaran yang menyenangkan ( <i>learning to happiness</i> ) .....	252
2. Kelayakan/validitas Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> dan Perangkatnya.....	254

3. Kepraktisan (Keterlaksanaan dan Kemenarikan) Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .	255
4. Efektivitas Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	258
a. Pengaruh model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> dan kemampuan awal terhadap model mental peserta didik.....	261
b. Kategori model mental peserta didik pada pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	266
c. Pengaruh model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> dan kemampuan awal terhadap <i>smart risk-taking behavior</i> peserta didik.....	271
d. Kategori <i>Smart risk-taking behavior</i> peserta didik pada pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	275
5. Hubungan antara model mental dan <i>smart risk-taking behavior</i> .....	279
6. Kelebihan dan Keterbatasan Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	285
a. Kelebihan dari model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	285
b. Keterbatasan dari model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	287
7. Temuan .....	289
E. Luaran Penelitian.....	292
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>294</b>
A. Simpulan .....	294
B. Implikasi.....	295
C. Saran.....	296
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>298</b>

## DAFTAR-TABEL

Tabel 2. 1 Penjelasan level makroskopis dan Submikroskopis .....	21
Tabel 2. 2 Informasi yang terkandung dalam persamaan yang seimbang .....	42
Tabel 2. 3 Sintak pembelajaran model <i>SiMaYang</i> .....	54
Tabel 2. 4 Fase (tahapan) dari sintak model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> Hipotetik .....	65
Tabel 3. 1 Desain Penelitian Tahap Pengujian dan Implementasi .....	81
Tabel 3. 2 Kriteria Ketercapaian Validitas .....	91
Tabel 3. 3 Kriteria Koefisien Reliabilitas .....	92
Tabel 3. 4 Alat dan Teknik Pengumpulan Data Penelitian .....	95
Tabel 3. 5 Variabel, Data Penelitian, dan Cara Analisis Data .....	96
Tabel 3. 6 Kriteria Tingkat Keterlaksanaan .....	97
Tabel 3. 7 Kategorisasi Model Mental Berdasarkan Skor Tes .....	100
Tabel 4. 1 Hasil angket studi pendahuluan guru terhadap model pembelajaran <i>SiMaYang</i> .....	105
Tabel 4. 2 Hasil angket studi pendahuluan guru terhadap model pembelajaran konvensional .....	107
Tabel 4. 3 Hasil studi literatur tentang implementasi model pembelajaran <i>SiMaYang</i> ..	113
Tabel 4. 4 Analisis hasil angket peserta didik tentang <i>smart risk-taking behavior</i> .....	123
Tabel 4. 5 Validitas dan Reliabilitas Konstruk .....	127
Tabel 4. 6 Kriteria <i>Fornell Larcker</i> .....	128
Tabel 4. 7 Hasil Hipotesis.....	130
Tabel 4. 8 Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi .....	132
Tabel 4. 9 Penilaian Ahli terhadap Validitas Isi Model <i>SiMaEXE</i> .....	161
Tabel 4. 10 Penilaian Ahli terhadap Validitas Konstruk Model <i>SiMaEXE</i> .....	162
Tabel 4. 11 Hasil Validasi Ahli terhadap Rencana Pelaksanaan Pembelajaran.....	164
Tabel 4. 12 Hasil Validasi Media Aplikasi <i>EXE Mode</i> .....	166
Tabel 4. 13 Hasil Validasi Ahli terhadap lembar kegiatan peserta didik (LKPD).....	167
Tabel 4. 14 Hasil Validasi Ahli terhadap Soal Tes Model Mental .....	168
Tabel 4. 15 Hasil Validasi Ahli terhadap Angket <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	169
Tabel 4. 16 Hasil Validasi Ahli terhadap Lembar Observasi Keterlaksanaan Model ....	171

Tabel 4. 17 Hasil Validasi Ahli terhadap Lembar Observasi Kemampuan Guru dalam Pengelolaan Pembelajaran.....	171
Tabel 4. 18 Hasil Validasi Ahli terhadap Lembar Observasi Aktivitas Peserta Didik ...	171
Tabel 4. 19 Hasil Validasi Ahli terhadap Lembar Pedoman Wawancara.....	172
Tabel 4. 20 Hasil Validasi Ahli terhadap Lembar Angket Respon Peserta Didik .....	173
Tabel 4. 21 Hasil Uji Validitas Instrumen Soal Tes Model Mental.....	174
Tabel 4. 22 Hasil Uji Validitas instrument angket SRTB.....	175
Tabel 4. 23 Hasil Uji Reliabilitas Soal Tes Model Mental .....	176
Tabel 4. 24 Hasil Uji Reliabilitas instrumen angket SRTB .....	176
Tabel 4. 25 Hasil observasi terhadap keterlaksanaan model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> ...	178
Tabel 4. 26 Fase (tahapan) dari sintak model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> hasil perbaikan.	183
Tabel 4. 27 Respon Peserta didik terhadap Pelaksanaan Pembelajaran.....	186
Tabel 4. 28 Hasil Observasi Kemampuan Guru dalam Mengelola Pembelajaran .....	190
Tabel 4. 29 Data Aktivitas Peserta didik dalam Kegiatan Pembelajaran.....	192
Tabel 4. 30 Rentangan Skor Total dan Kriteria Model Mental Peserta didik pada Uji Coba I .....	194
Tabel 4. 31 Rentangan Skor Total dan Kriteria Model Mental Peserta didik pada Uji Coba II .....	194
Tabel 4. 32 Rentangan Skor Total dan Kriteria <i>Smart risk-taking behavior</i> Peserta didik pada Uji Coba I .....	197
Tabel 4. 33 Rentangan Skor Total dan Kriteria <i>Smart risk-taking behavior</i> Peserta didik pada Uji Coba II .....	197
Tabel 4. 34 Jadwal Uji Coba Lapang Materi Ikatan Kimia .....	199
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Hasil Pengamatan Terhadap Keterlaksanaan RPP Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	201
Tabel 4. 36 Aktivitas Peserta didik selama Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	204
Tabel 4. 37 Respon Peserta didik Terhadap Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	206
Tabel 4. 38 Hasil Uji Normalitas .....	211
Tabel 4. 39 Hasil Uji Homogenitas Kelas Eksperimen dan Konvensional .....	213
Tabel 4. 40 Rerata Skor ( $\bar{X}$ ) dan Simpangan Baku (SD) Model Mental pada Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> pada Materi Ikatan Kimia .....	214
Tabel 4. 41 Gain skor Model Mental pada Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> pada Materi Ikatan Kimia (Seluruh Sekolah) .....	218

Tabel 4. 42 Rerata Skor ( $\bar{X}$ ) dan Simpangan Baku (SD) <i>Smart risk-taking behavior</i> pada Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> pada Materi Ikatan Kimia .....	220
Tabel 4. 43 Gain skor <i>Smart risk-taking behavior</i> pada Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> pada Materi Ikatan Kimia (Seluruh Sekolah).....	224
Tabel 4. 44 Hasil uji-t model mental SMA I .....	225
Tabel 4. 45 Hasil uji Anova dua jalur model mental SMA I .....	227
Tabel 4. 46 Hasil Uji-t Model Mental SMA II .....	228
Tabel 4. 47 Hasil Uji Anova dua jalur Model Mental SMA II .....	229
Tabel 4. 48 Hasil Uji-t Model Mental SMA III .....	230
Tabel 4. 49 Hasil Uji Anova dua jalur Model Mental SMA III.....	231
Tabel 4. 50 Hasil Uji-t Model Mental Keseluruhan Sekolah.....	232
Tabel 4. 51 Hasil Uji Anova dua jalur Model Mental Keseluruhan Sekolah .....	233
Tabel 4. 52 Hasil Uji-t <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA I .....	234
Tabel 4. 53 Hasil Uji Anova dua jalur <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA I .....	235
Tabel 4. 54 Hasil Uji-t <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA II .....	236
Tabel 4. 55 Hasil Uji Anova dua jalur <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA II.....	237
Tabel 4. 56 Hasil Uji-t <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA III.....	238
Tabel 4. 57 Hasil Uji Anova dua jalur <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA III.....	239
Tabel 4. 58 Hasil Uji-t <i>Smart risk-taking behavior</i> Keseluruhan Sekolah .....	240
Tabel 4. 59 Hasil Uji Anova dua jalur <i>Smart risk-taking behavior</i> Keseluruhan Sekolah .....	241
Tabel 4. 60 Hasil Uji Korelasi .....	242
Tabel 4. 61 Luaran Penelitian tentang Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	292

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Representasi submikroskopis; (b) Representasi simbolik .....	15
Gambar 2. 2 Taxonomi fungsional dari <i>multiple representasi</i> .....	17
Gambar 2. 3 Sistem Pemrosesan Informasi (Woolfolk, 2009) .....	26
Gambar 2. 4 Model umum Teori <i>Dual coding</i> (Sumber: Solso, 2008; 302) .....	28
Gambar 2. 5 Penggunaan pendekatan tiga level berpikir dalam pembelajaran. ...	31
Gambar 2. 6 Keseimbangan ion besi (III) tiosianat yang dinyatakan dalam tiga representasi (tingkat lab, molekuler, dan simbolik).....	31
Gambar 2. 7 Saling ketergantungan tiga level konsep sains (Devetak et al., 2009).....	40
Gambar 2. 8 Diagram yang menunjukkan reaksi antara A dengan B <sub>2</sub> .....	41
Gambar 2. 9 Gambar pembentukan senyawa ammonia (NH <sub>3</sub> ) dari reaksi yang terjadi antara Nitrogen (N <sub>2</sub> ) dan Hidrogen (H <sub>2</sub> ).....	41
Gambar 2. 10 Ilustrasi tiga level representasi fenomena kimia (Silbergberg).....	43
Gambar 2. 11 Tampilan aplikasi <i>EXE Mode</i> untuk pembelajaran multiple.....	47
Gambar 2. 12 Representasi visual senyawa SO <sub>2</sub> .....	55
Gambar 2. 13 Model ITPC ( <i>Integrated model of Text and Picture</i> ).....	58
Gambar 2. 14 Alur pengembangan model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> berbantuan ..	60
Gambar 2. 15 Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Hipotetik) .....	64
Gambar 2. 16 Diagram Kerangka Berpikir .....	73
Gambar 3. 1 Tahapan dan aktivitas penelitian pengembangan (Suyono, 2014) .....	77
Gambar 4. 1 Model Mental (MM) peserta didik kelas X SMA di 5 Provinsi.....	120
Gambar 4. 2 Model Penelitian (Putra, 2022) .....	122
Gambar 4. 3 Hasil Hipotesis .....	130
Gambar 4. 4 Contoh Fenomena Tiga Level Fenomena Kimia (Sumber: Ruang .....	138
Gambar 4. 5 Posisi peserta didik di kelas pada model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	142
Gambar 4. 6 <i>Login EXE Mode</i> .....	145
Gambar 4. 7 Pembuatan Materi Baru .....	146
Gambar 4. 8 Permintaan persetujuan/approval admin <i>SiMaEXE</i> .....	146

Gambar 4. 9 Penambahan sub dan pengaturan waktu .....	147
Gambar 4. 10 Penambahan sub baru ( <i>link</i> dan <i>media</i> ) .....	147
Gambar 4. 11 Tampilan Dashboard Kelola Materi.....	148
Gambar 4. 12 Tampilan <i>login</i> untuk peserta didik .....	149
Gambar 4. 13 Tampilan proses verifikasi kode <i>SiMaEXE</i> (1).....	149
Gambar 4. 14 Tampilan proses verifikasi kode <i>SiMaEXE</i> (2).....	150
Gambar 4. 15 Tampilan Fitur Materi Teratas .....	150
Gambar 4. 16 Tampilan Fitur Pembelajaran Saya .....	151
Gambar 4. 17 Tampilan Fitur Mulai Pelajaran .....	151
Gambar 4. 18 Contoh tampilan materi dalam <i>EXE Mode</i> (1).....	153
Gambar 4. 19 Contoh materi dalam <i>EXE Mode</i> (2).....	153
Gambar 4. 20 Tampilan materi pada tahap konstruksi .....	154
Gambar 4. 21 Tampilan fitur konstruksi ke fitur adaptasi-elaborasi (contoh).....	154
Gambar 4. 22 Tampilan fitur/menu adaptasi-elaborasi (1).....	155
Gambar 4. 23 Tampilan fitur/menu adaptasi-elaborasi (2).....	155
Gambar 4. 24 Tampilan fitur/menu adaptasi-elaborasi (3).....	156
Gambar 4. 25 Tampilan fitur/menu adaptasi-elaborasi (LKPD).....	156
Gambar 4. 26 Tampilan fitur/menu konfirmasi (Testimoni peserta didik).....	156
Gambar 4. 27 Tampilan fitur/menu evaluasi (latihan soal/pekerjaan rumah).....	157
Gambar 4. 28 Tampilan fitur/menu evaluasi ( <i>posttest</i> ).....	157
Gambar 4. 29 Tampilan fitur/menu unduh sertifikat/piagam (1 dan 2) .....	158
Gambar 4. 30 Model Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> Hasil Perbaikan .....	182
Gambar 4. 31 Kategorisasi Skor model Mental peserta didik SMA I .....	216
Gambar 4. 32 Kategorisasi Skor model Mental peserta didik SMA II.....	216
Gambar 4. 33 Kategorisasi Skor model Mental peserta didik SMAN 3 .....	216
Gambar 4. 34 Kategorisasi Skor model Mental peserta didik seluruh sekolah .....	217
Gambar 4. 35 Kategorisasi Gain skor model Mental peserta didik seluruh sekolah .....	219
Gambar 4. 36 Kategorisasi <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA I.....	222
Gambar 4. 37 Kategorisasi <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA II .....	222
Gambar 4. 38 Kategorisasi <i>Smart risk-taking behavior</i> SMA III .....	222
Gambar 4. 39 Kategorisasi <i>Smart risk-taking behavior</i> seluruh sekolah.....	223
Gambar 4. 40 Kategorisasi Gain skor <i>Smart risk-taking behavior</i> peserta didik.....	225
Gambar 4. 41 Hasil gambar struktur <i>Lewis</i> pembentukan ikatan Al dan O.....	271



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Draf Buku Model Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	323
Lampiran 2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) .....	328
Lampiran 3. Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) .....	337
Lampiran 4. Kisi-Kisi Tes Model Mental.....	346
Lampiran 5. Rubrik Penilaian Model Mental .....	347
Lampiran 6. Soal Tes Model Mental .....	348
Lampiran 7. Pedoman Wawancara Untuk Materi Ikatan Kimia.....	364
Lampiran 8. Kuisisioner untuk Mengukur <i>Smart risk-taking behavior</i> .....	365
Lampiran 9. Lembar Observasi Keterlaksanaan Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	367
Lampiran 10. Lembar Observasi/Penilaian Kemampuan Guru Dalam Pengelolaan Pembelajaran Kimia Dengan Model <i>SiMaEXE</i> .....	369
Lampiran 11. Lembar Pengamatan Aktivitas Peserta didik Pada Pembelajaran dengan Model <i>SiMaEXE</i> .....	371
Lampiran 12. Angket Respon Peserta didik Terhadap Pembelajaran Model <i>SiMaEXE</i> .	373
Lampiran 13. Lembar Validasi Tes Model Mental.....	375
Lampiran 14. Lembar Validasi Isi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Dalam Penerapan Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	377
Lampiran 15. Lembar Validasi Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD).....	379
Lampiran 16. Lembar Validasi Isi Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	380
Lampiran 17. Lembar Validasi Konstruksi Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	384
Lampiran 18. Lembar Validasi Lembar Observasi Keterlaksanaan Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	387
Lampiran 19. Lembar Validasi Lembar Observasi Aktivitas Peserta didik Dalam Pembelajaran Model <i>SiMaEXE</i> .....	389
Lampiran 20. Lembar Validasi Lembar Observasi Kemampuan Guru Dalam Pengelolaan Pembelajaran Model <i>SiMaEXE</i> .....	390
Lampiran 21. Lembar Validasi Angket Respon Peserta didik Terhadap Komponen Kegiatan Pembelajaran Dengan Model <i>SiMaEXE</i> .....	392
Lampiran 22. Lembar Validasi Pedoman Wawancara.....	394
Lampiran 23. Lembar Validasi Kuisisioner SRTB .....	396

Lampiran 24. Lembar Validasi Aplikasi <i>EXE Mode</i> untuk Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> .....	397
Lampiran 25. Data-Data Hasil Validasi Ahli.....	399
Lampiran 26. Data hasil pengamatan terhadap keterlaksanaan Model pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Uji Coba).....	415
Lampiran 27. Data respon peserta didik terhadap Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Uji coba).....	417
Lampiran 28. Data hasil pengamatan terhadap kemampuan guru dalam mengelola Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Uji Coba).....	420
Lampiran 29. Data respon peserta didik terhadap Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Uji Coba).....	422
Lampiran 30. Data aktivitas peserta didik dalam pembelajaran <i>SiMaEXE</i> Uji Coba I...	425
Lampiran 31. Data aktivitas peserta didik dalam pembelajaran <i>SiMaEXE</i> Uji Coba II .	427
Lampiran 32. Data Skor Model Mental Peserta didik Uji Coba I.....	429
Lampiran 33. Data Skor Model Mental Peserta didik Uji Coba II .....	431
Lampiran 34. Data Skor Interpretasi <i>Smart risk-taking behavior</i> Peserta didik Uji Coba I.....	433
Lampiran 35. Data Skor Interpretasi <i>Smart risk-taking behavior</i> Peserta didik Uji Coba II.....	435
Lampiran 36. Data Hasil Pengamatan terhadap Keterlaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen (Kelas Pembelajaran Model <i>SiMaEXE</i> ).....	437
Lampiran 37. Data Aktivitas Peserta didik selama Pembelajaran berlangsung (Kelas Eksperimen) .....	438
Lampiran 38. Data Respon Peserta didik terhadap Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> (Kelas Eksperimen).....	439
Lampiran 39. Data Respon Peserta didik terhadap Pelaksanaan Pembelajaran <i>SiMaEXE</i> Seluruh Sekolah (Kelas Eksperimen) .....	443
Lampiran 40. Data Skor Model Mental Peserta didik .....	445
Lampiran 41. Data Model Mental Peserta didik Topik Ikatan Kimia SMA I.....	454
Lampiran 42. Daftar Nilai (Pretest, Posttest, dan N-Gain) Model Mental SMA I .....	465
Lampiran 43. Daftar Nilai (Pretest, Posttest, dan N-Gain) Model Mental SMA II .....	466
Lampiran 44. Daftar Nilai (Pretest, Posttest, dan N-Gain) Model Mental SMA III.....	467
Lampiran 45. Daftar Nilai (Pretest, Posttest, dan N-Gain) Model Mental Seluruh Sekolah (SMA I, SMA II, dan SMA III) .....	468

Lampiran 46. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) .....	471
Lampiran 47. Data <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) Kelas Eksperimen.....	481
Lampiran 48. Data <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) Kelas Eksperimen Seluruh Sekolah (Posttest) .....	488
Lampiran 49. Data <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) Kelas Kontrol Seluruh Sekolah (Posttest) .....	491
Lampiran 50. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA I (Kelas Eksperimen).....	494
Lampiran 51. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA II (Kelas Eksperimen).....	495
Lampiran 52. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA III (Kelas Eksperimen).....	496
Lampiran 53. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA I (Kelas Kontrol) .....	497
Lampiran 54. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA II (Kelas Kontrol) .....	498
Lampiran 55. Data Skor <i>Smart risk-taking behavior</i> (SRTB) vs Model Mental SMA III (Kelas Kontrol) .....	499
Lampiran 56. Data Hasil Perhitungan Sensitivitas Instrumen Tes .....	500
Lampiran 57. Jawaban soal tes model mental .....	501
Lampiran 58. Jawaban Angket <i>Smart Risk-Taking Behavior</i> .....	503
Lampiran 59. Transkrip wawancara .....	505
Lampiran 60. Testimoni Peserta didik akan Hasil Pembelajaran Model <i>SiMaEXE</i> .....	508

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pembelajaran sains pada umumnya dan kimia pada khususnya menitikberatkan proses konstruksi pengetahuan mengenai fenomena yang dapat menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia: makroskopis, submikroskopis, dan simbolik (Gilbert & Treagust, 2009a). Ketiga tingkatan representasi ini merupakan fondasi dalam pemahaman dan pemikiran sains. Di konteks sekolah misalnya, pembelajaran kimia pada umumnya sudah disajikan secara kompleks dan abstrak, sehingga diperlukan pemahaman yang baik tentang konsep-konsep dasar yang mendasari konsep kompleks tersebut (Bernacky et al., 2016; Libao et al., 2016).

Ketika peserta didik hanya menggunakan satu atau dua level representasi fenomena kimia, peserta didik akan mengalami kesulitan dalam pembelajaran kimia (Eymur & Geban, 2017). Pada umumnya peserta didik cenderung memprioritaskan pada dua level representasi fenomena kimia, yaitu makroskopis dan simbolik. Model-model submikroskopis atau molekuler kurang mendapatkan apresiasi, sehingga berdampak pada kesulitan dalam pemahaman konsep-konsep kimia (Sunyono et al., 2015), padahal model-model molekuler tersebut dapat menjembatani pembelajaran kimia antara ketiga level representasi fenomena kimia (Zohar & Levy, 2019; Joki & Aksela, 2018). Berdasarkan hal di atas, dapat dikatakan bahwa ketiga level representasi fenomena kimia sangatlah penting dalam pembelajaran kimia, karena jika salah satu fenomena kimia tidak dipelajari maka dapat disimpulkan bahwa seseorang belum belajar kimia secara utuh. Pada umumnya level submikroskopis sering diabaikan dalam pembelajaran kimia, oleh karena itu diperlukan pengembangan model mental dalam pembelajaran kimia, khususnya dalam mempelajari konsep pada level molekuler atau submikroskopis.

Tingkat pemahaman peserta didik terhadap fenomena kimia, merupakan hasil penalaran dan interpretasi representasi fenomena yang diekspresikan dalam

berbagai bentuk seperti bagan, gambar visual, perhitungan matematis dan penjelasan verbal, serta diidentifikasi sebagai model mental (Sunyono et al., 2015). Hal ini didukung dengan beberapa penelitian lain yang menjelaskan bahwa representasi visual peserta didik dalam memahami persamaan reaksi kimia menggunakan interpretasi model partikel dan model atom, serta representasi visual dalam memahami struktur atom dimana peserta didik hanya menekankan pada komponen atom yang paling esensial (proton, neutron, dan elektron) dan mengabaikan sifat atom yang mengisi ruang (Cheng, 2018; Derman et al., 2019; Jones et al., 2005). Pengetahuan kimia yang lebih bermakna dapat dibangun, dilakukan, dan ditingkatkan dengan berbagai cara; meningkatkan keterampilan dan kapabilitas melalui literasi sains untuk memecahkan masalah-masalah dalam kehidupan nyata (Wefusa, 2017), pembelajaran kooperatif dengan cara melibatkan partisipasi aktif peserta didik dan guru melalui diskusi merupakan salah satu strategi pengajaran untuk meningkatkan pemahaman peserta didik mempelajari konsep ikatan kimia karena tingkat makroskopis dan konsep abstraknya (Eymur & Geban, 2017).

Materi ikatan kimia merupakan salah satu materi penting dalam kurikulum, dan banyak peserta didik masih merasa kesulitan untuk memahami konsep-konsep ikatan kimia (Dhindsa et al., 2014). Ikatan kimia merupakan mata pelajaran yang terkait dengan model sederhana hingga model abstrak yang rumit yang memiliki kompleksitas matematis yang cukup sulit (Halim et al., 2013; Adytia & Dwiningsih, 2018). Model abstrak dapat dipahami dengan menggunakan model, dimana model ini dapat memudahkan pemahaman peserta didik karena menghubungkan antara teori yang abstrak dengan sistem nyata (Halim et al., 2013). Pengajaran konsep abstrak seperti struktur atom dan ikatan kimia merupakan hal yang sangat sulit bagi kebanyakan peserta didik, dan peserta didik pada umumnya mempertahankan dan menggunakan model yang sederhana dan agak terbatas pada materi struktur atom dan ikatan kimia (Coll & Treagust, 2001; Zohar & Levy, 2019; Nahum et al., 2010). Penentuan aturan oktet dengan interaksi elektrostatis merupakan kesulitan peserta didik dalam pembelajaran ikatan kimia (Joki & Aksela, 2018). Peserta didik hanya memahami gaya tarik menarik antara dua muatan atom yang berbeda, yaitu positif

dan negatif dalam pembentukan ikatan kimia, namun peserta didik tidak memahami adanya gaya tolak menolak antara dua inti atom untuk mencapai keadaan kesetimbangan (Zohar & Levy, 2019). Ketidakmampuan peserta didik dalam menginterkoneksi tiga level fenomena kimia menyebabkan kesulitan dalam memahami materi-materi kimia, dan dapat menimbulkan kesalahan konsep. Dengan demikian, penting dalam pembelajaran kimia untuk menginterkoneksi ketiga level fenomena kimia.

Dalam sistem pembelajaran kimia menyatakan bahwa belajar kimia merupakan belajar mengembangkan kemampuan berpikir untuk dapat menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang sulit dan abstrak pada tingkatan molekuler, sehingga peserta didik dapat menyelesaikannya dengan tepat (Wood, 2006; BouJaoude & Barakat, 2003). Kebanyakan peserta didik mempersepsikan materi kimia sebagai materi yang sulit untuk dipelajari (Huddle & Pillay, 2006; NouJaoude & Barakat, 2003; Wood, 2006; Sunyono et al., 2009). Kemampuan peserta didik dalam memahami ketiga level fenomena kimia dapat ditunjukkan dengan kemampuan mentransformasikan pengetahuan melalui interkoneksi satu level dengan level fenomena kimia lainnya. Ketika peserta didik mampu menginterkoneksi ketiga level fenomena kimia berarti mereka telah memperoleh pengetahuan konseptual dalam memecahkan masalah dalam pembelajaran kimia.

Pengetahuan konseptual merupakan pengetahuan yang sangat penting yang harus dimiliki oleh peserta didik dalam mempelajari kimia. Pengetahuan konseptual dalam pembelajaran kimia harus tersimpan dalam memori jangka panjang, ketika peserta didik menyelesaikan masalah maka pengetahuan ini harus mudah diakses ke dalam memori kerja. Hal ini sesuai dengan teori pemrosesan informasi yang berkaitan dengan kemampuan dan kapasitas informasi yang tersimpan dalam memori kerja, memori jangka pendek, dan memori jangka panjang. Dalam menghubungkan atau menginterkoneksi tiga level fenomena kimia, pengetahuan yang telah diperoleh peserta didik dan telah tersimpan dalam memori jangka panjang, harus didorong dengan menggunakan model mental, sehingga ketiga level fenomena kimia baik makroskopis, submikroskopis, dan simbolik dapat terhubung antara satu level dengan level lainnya. Ketiga level fenomena

kimia yang saling berhubungan, masing-masing memberikan kontribusi terhadap pembentukan model mental peserta didik dalam membangun makna dan pemahaman konseptual (Johnstone, 2006).

Model mental dalam pembelajaran kimia merupakan hal yang sangat penting karena pengembangan teori dan praktik kimia dan sains diawali dengan model mental (Coll, 2008). Model mental akan terbentuk untuk membuat prediksi, menguji ide-ide baru dan memecahkan masalah dalam pembelajaran kimia (Bodner & Domin, 2000). Model mental dapat digunakan untuk menjelaskan sistem dan komponen-komponen serta keadaannya, menjelaskan perilakunya ketika berubah dari satu keadaan ke keadaan lain dan untuk memprediksi keadaan sistem yang akan terjadi (Jansoon et al., 2009). Oleh karena itu, guru harus mampu mengembangkan model mental peserta didik dalam pembelajaran kimia, sehingga dapat membantu guru dalam menciptakan pembelajaran yang bermakna (Andina et al., 2017). Hal ini dapat dikatakan bahwa model mental sangat penting dalam proses pembelajaran kimia agar tujuan pembelajaran, yaitu memahami konsep-konsep kimia secara mendalam dan kemampuan peserta didik untuk menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia dapat tercapai.

Kesulitan-kesulitan dalam pemahaman materi kimia, khususnya terkait dengan cara peserta didik mentransformasikan ketiga level fenomena kimia disebabkan karena mereka belum terbiasa untuk dilatih menggunakan cara belajar dengan merepresentasikan fenomena submikroskopis dengan berbagai representasi lainnya. Peserta didik cenderung memisahkan ketiga level fenomena kimia tersebut, dan pembelajaran dilakukan hanya melalui representasi makroskopis dan simbolik saja (Sunyono, 2020). Kesulitan-kesulitan dalam menginterkoneksi ketiga level fenomena kimia menggambarkan kesulitan peserta didik dalam membangun model mentalnya. Kesulitan peserta didik dalam membangun modelnya menyebabkan kesulitan mereka dalam mengembangkan kemampuan berpikirnya. Proses berpikir seseorang harus memiliki bangunan model mental yang baik (Senge, 2004). Hal yang sama juga dijelaskan bahwa keterkaitan antara model mental dengan penguasaan konsep peserta didik seyogyanya harus linier, dimana jika kemampuan membangun model mental meningkat akan

mengakibatkan meningkatnya pemahaman peserta didik akan konsep kimia (Chittleborough et al., 2007). Hal ini berarti seseorang yang mengalami kesulitan dalam membangun model mentalnya akan mengalami kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikir, dan tidak mampu menyelesaikan masalah dengan baik (Mumford et al., 2012). Oleh karena itu, pembelajaran kimia perlu melibatkan tiga level fenomena kimia melalui model pembelajaran berbasis *multiple representasi* dalam membangun/meningkatkan model mental.

Dalam teori pengkodean ganda (*Dual coding Theory/DCT*) menyiratkan bahwa seseorang akan belajar lebih baik ketika media belajar yang digunakan merupakan perpaduan yang tepat antara chanel verbal (teks dan suara) dan *nonverbal/visual* berupa gambar, diagram, dan animasi (Najjar, 1995). Jika media belajar digunakan merupakan gabungan dari beberapa media berupa *multimedia*, maka kedua chanel dalam pemrosesan informasi, yaitu verbal dan *nonverbal*, dimungkinkan untuk bekerja secara paralel atau bersama-sama, yang akan berdampak pada kemungkinan informasi yang disampaikan dapat terserap dengan baik oleh peserta didik (Sunyono, 2020). Hal ini mendukung keterkaitan pada fenomena kimia dalam pembelajaran kimia, dimana saat ini pembelajaran kimia hanya membatasi pada dua level representasi, yaitu makroskopis dan simbolik, sehingga berdampak pada kesulitan dalam pemahaman konsep-konsep kimia (Tasker & Dalton, 2006; Sunyono et al., 2011). Penelitian-penelitian terdahulu juga mendukung pandangan bahwa interaksi antara dunia makroskopis dan submikroskopis merupakan sumber kesulitan peserta didik dalam memahami dan menafsirkan konsep kimia terutama representasi secara submikroskopis, dan cenderung untuk membuat representasi mereka sendiri (Lajium, 2013; Halim et al., 2013; Sarawan & Yuenyong, 2018; Hidayat et al., 2019).

Salah satu model pembelajaran untuk membentuk model mental peserta didik adalah model pembelajaran *SiMaYang* yang telah dikembangkan oleh Sunyono (Anwar et al., 2015). Model pembelajaran *SiMaYang* adalah model pembelajaran *multiple representasi* yang melibatkan interaksi tiga level representasi fenomena kimia dalam meningkatkan model mental peserta didik. Topik-topik pembelajaran yang sesuai dengan model *SiMaYang* adalah topik-topik



kimia yang lebih bersifat abstrak yang mengandung level representasi makro, submikro, dan simbolik seperti topik stoikiometri, struktur atom, sistem periodik, dan ikatan kimia. Fase-fase model pembelajaran *SiMaYang* adalah orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi (Sunyono et al., 2015). Model mental peserta didik yang dihasilkan melalui pembelajaran *SiMaYang* adalah tingkat pemahaman peserta didik terhadap fenomena kimia, yang merupakan hasil penalaran dan interpretasi representasi fenomena yang diekspresikan dalam berbagai bentuk seperti bagan, gambar visual, perhitungan matematis dan penjelasan verbal (Sunyono et al., 2015). Model mental sangat penting dalam pembelajaran kimia terutama pada materi atau topik-topik yang abstrak yang membutuhkan penalaran, karena level submikroskopis atau model molekuler dalam fenomena kimia dapat dipahami dengan cara bernalar. Pembentukan model mental dilakukan dengan cara pembelajaran *multiple representasi*. Interpretasi fenomena kimia dapat diekspresikan dengan berbagai representasi dalam pembelajaran baik representasi verbal maupun *nonverbal*.

Beberapa hasil penelitian terhadap model pembelajaran *SiMaYang*, menunjukkan bahwa model tersebut memiliki banyak kelemahan antara lain keterbatasan waktu dalam proses pembelajaran terutama pada fase eksplorasi-imajinasi (Anwar et al., 2015), karena peserta didik dituntut secara mandiri mencari sumber-sumber melalui *website*, *webblog*, dan buku teks (Sunyono et al., 2015). Model *SiMaYang* tidak efektif pada level simbolik dan model mental yang dihasilkan didominasi oleh model mental berkategori sedang dan baik (Alkham et al., 2021), serta menuntut guru harus mampu menyesuaikan waktu dan kreatif dalam memilih media yang digunakan agar proses pembelajaran khususnya pada fase eksplorasi-imajinasi dapat berjalan dengan baik (Bait et al., 2018). Guru harus memperbaiki dan melakukan secara berulang dalam proses pembelajaran menggunakan model *SiMaYang*, karena kurangnya perhatian dan sulitnya pemahaman peserta didik pada fase eksplorasi-imajinasi, dan waktu yang terbatas dalam fase internalisasi (Fitri, 2016). Kelemahan lain dari model *SiMaYang* yang sudah dikembangkan untuk pembelajaran *multiple representasi* adalah sintak atau fase dalam model *SiMaYang* belum mengarah kepada perkembangan revolusi

industri 4.0. Perkembangan teknologi ke depan adalah teknologi berbasis IT yang bisa diterapkan dalam semua bidang termasuk dalam bidang pendidikan.

Berdasarkan kelemahan dari model pembelajaran *SiMaYang*, peneliti melakukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut dengan membuat model baru berbasis *multiple representasi* yang memanfaatkan teknologi informasi. Model baru yang dikembangkan mengacu kepada teori belajar konstruktivisme, teori *dual coding*, dan teori pemrosesan informasi, dengan memasukan konsep Schnotz pada pembuatan sintaks, sehingga pembelajaran kimia yang sesungguhnya, yaitu menginterkoneksi tiga level representasi fenomena kimia dapat tercapai. Aplikasi berbasis teknologi informasi merupakan sebuah *platform* baru yang dibuat secara khusus dengan mengadopsi beberapa fitur dan struktur dari media *eXe learning* untuk mendukung kegiatan pembelajaran melalui model pembelajaran yang akan dikembangkan. Penggunaan teknologi informasi dalam pengembangan aplikasi model baru merupakan hal yang sangat penting, dan disesuaikan dengan era digitalisasi revolusi industri 4.0 serta era pandemic covid19 (Ilmi et al., 2020; Mogos et al., 2018). Hal ini mengingat bahwa di era revolusi industri 4.0, mayoritas peserta didik sudah sangat familiar dengan teknologi digitalisasi. Pembelajaran pada era pandemic covid19 mengharuskan peserta didik dan guru untuk melakukan pembelajaran *online* (Silalahi & Hutauruk, 2020). Model pembelajaran yang akan dikembangkan diharapkan mampu menjembatani guru dan peserta didik dalam pembelajaran baik secara *online* maupun *offline (hybrid learning)*. Sintak dalam model pembelajaran yang dikembangkan mengacu kepada pembelajaran secara *flipped classroom learning* atau *hybrid learning*.

Penelitian ini akan melihat kemampuan awal peserta didik dalam implementasinya di dalam kelas. Hal ini dikarenakan kemampuan berpikir peserta didik yang berbeda-beda. Teori pemrosesan informasi menyebutkan bahwa informasi dari dunia sekitar merupakan masukan bagi sistem kognisi. Kognisi manusia dikonsepsikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari tiga bagian, yaitu masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Tingkah laku awal dapat dikatakan sebagai titik awal dalam proses kognisi agar dapat berakhir dengan suatu pengeluaran. Dengan demikian kemampuan awal merupakan salah satu ciri atau

karakteristik yang menjadi perhatian para perancang pembelajaran dalam membuat pembelajaran agar proses pembelajaran dapat berjalan efektif sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Beberapa peneliti dalam 30 tahun terakhir telah melakukan penelitian tentang model mental dalam pembelajaran kimia. Model mental dapat dibentuk melalui strategi pembelajaran melalui model pembelajaran berbasis *multiple representasi* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Mumford et al., 2012; Sunyono et al., 2015). Model mental juga dibentuk melalui model pembelajaran *learning cycle 8E* dan pembelajaran *discovery learning* (Darmiyanti, W. et al., 2017; Maisaroh, D. et al., 2017). Pada penelitian ini selain model mental yang menjadi parameter keberhasilan model pembelajaran yang dikembangkan, juga akan diukur *smart risk-taking behavior* (SRTB) atau perilaku pengambilan keputusan secara cerdas dalam pembelajaran kimia. Penelitian ini juga akan melihat faktor-faktor dari pembentukan *smart risk-taking behavior* yang mempengaruhi pembentukan model mental. Di dalam dunia pendidikan, *smart risk-taking behavior* merupakan proses kognitif yang dilakukan peserta didik untuk berpikir secara mendalam tentang suatu masalah, membuat kesimpulan dan hipotesis, mencari solusi, dan memecahkan masalah (Bal-Incebacak et al., 2019). *Smart risk-taking behavior* dapat meningkatkan prestasi akademis, karena mampu memberikan ketertarikan peserta didik untuk belajar (Beghetto, 2009; Küçükaydın, 2021). Model mental yang baik memberikan gambaran bagaimana cara seseorang bertindak mengambil keputusan secara cepat dan tepat dalam kondisi yang sangat kompleks dan ketidakpastian (Forrester, 1994; Stermann, 1987; Senge, 2007). Dapat dikatakan bahwa model mental yang dibentuk melalui pembelajaran kimia, dapat merubah perilaku mengambil keputusan secara cerdas atau *smart risk-taking behavior* dalam menyelesaikan tugas-tugas atau soal-soal tentang kimia yang rumit dan abstrak, sehingga tujuan pembelajaran kimia dapat tercapai.

Berdasarkan uraian dan pemikiran di atas, maka dilakukan penelitian pembuatan model pembelajaran *multiple representasi* dengan memanfaatkan teknologi informasi dalam meningkatkan model mental dan *smart risk-taking behavior* pada pembelajaran kimia.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan kebaruan penelitian di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut: “Bagaimana karakteristik, kelayakan, dan efektivitas model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan untuk pembelajaran kimia, dalam meningkatkan model mental dan memunculkan *smart risk-taking behavior* peserta didik?” Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik model pembelajaran *SiMaEXE* yang digunakan dalam pembelajaran kimia?
2. Bagaimana kelayakan model pembelajaran *SiMaEXE* yang digunakan dalam pembelajaran kimia? Kelayakan tersebut dapat ditinjau dari jawaban atas pertanyaan-pertanyaan berikut:
  - a. Bagaimana tingkat validitas isi dan konstruk model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan berdasarkan penilaian validator?
  - b. Bagaimana kepraktisan model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan berdasarkan tingkat keterlaksanaan sintak, sistem sosial, prinsip reaksi, dan respon peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran.
  - c. Bagaimana efektivitas dari model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan, berdasarkan tingkat ketercapaian dalam mengelola sintak pembelajaran dan aktivitas peserta didik?
3. Bagaimana kategori model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik setelah penerapan model pembelajaran *multiple representasi* berbantuan teknologi informasi yang telah dikembangkan ditinjau dari kemampuan awal dan hasil belajar peserta didik?

## C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model pembelajaran *SiMaEXE*, yang memiliki validitas, kepraktisan, dan efektivitas yang tinggi dalam membangun model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik pada pembelajaran kimia.

Tujuan khususnya adalah untuk:

1. Mendeskripsikan karakteristik model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan dalam meningkatkan model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik pada pembelajaran kimia.
2. Mendeskripsikan kelayakan model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan dalam meningkatkan model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik pada pembelajaran kimia.

Dasar yang ditinjau dari:

- a. Tingkat validitas isi dan konstruk dari karakteristik model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan dalam meningkatkan model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik pada pembelajaran kimia yang telah dikembangkan.
  - b. Kepraktisan pelaksanaan karakteristik model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan berdasarkan tingkat keterlaksanaan dan kemenarikan pembelajaran (respon positif dari peserta didik).
  - c. Efektivitas dari karakteristik model pembelajaran *SiMaEXE* yang telah dikembangkan, dalam membangun model mental dan membentuk *smart risk-taking behavior* peserta didik berdasarkan kemampuan guru dalam mengelola dan aktifitas peserta didik.
3. Mendeskripsikan kategori model mental dan *smart risk-taking behavior* peserta didik, setelah diterapkan model pembelajaran *SiMaEXE* yang telah dikembangkan ditinjau dari kemampuan awal dan hasil belajar peserta didik.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini menghasilkan model pembelajaran *SiMaEXE* dalam meningkatkan model mental dan memunculkan *smart risk-taking behavior* peserta didik. Pengembangan model pembelajaran *multiple representasi* berbantuan teknologi informasi berdasarkan landasan konseptual (teoretis) kenyataan empiris yang diperoleh dari lapangan, sehingga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat praktis dan teoretis.

## 1. Manfaat Praktis

- a. Hasil pengembangan model pembelajaran *SiMaEXE*, diharapkan dapat membantu guru dalam mengatasi kesulitan mengajar kimia, khususnya pembelajaran kimia, yang melibatkan tiga level representasi fenomena kimia dan usaha untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan kesetimbangan lingkungan.
- b. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi guru kimia dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran kimia melalui peningkatan kemampuan penyelesaian masalah dengan menggunakan model mental dan SRTB peserta didik.
- c. Memberikan masukan kepada para guru kimia, tentang model pembelajaran *SiMaEXE* yang melibatkan interkoneksi level-level representasi fenomena kimia dalam membangun model mental dan SRTB peserta didik.
- d. Sebagai bahan masukan, rujukan dan pembanding bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian pengembangan model pembelajaran kimia.
- e. Mengurangi beban kapasitas memori kerja peserta didik, melalui penyediaan bahan ajar dalam media pembelajaran terkait dengan materi-materi dalam bentuk visualisasi gambar, animasi, video, teks, agar dapat memudahkan pemahaman serta pembentukan model mental dan SRTB peserta didik, sehingga menjadikan pembelajaran kimia yang bermakna.

## 2. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pengetahuan membangun ilmu dalam meningkatkan mutu pendidikan khususnya pada pembelajaran kimia untuk peserta didik SMA, terutama dalam:

- a. Menemukan prinsip-prinsip mengenai model pembelajaran *SiMaEXE* yang melibatkan interkoneksi fenomena kimia, dalam meningkatkan model mental peserta didik.
- b. Menghasilkan model pembelajaran yang mengandung elemen konstruksi, adaptasi-elaborasi, konfirmasi, dan evaluasi yang dikembangkan dengan

memperbaiki sintak model pembelajaran *SiMaYang* melalui pemanfaatan teknologi informasi, dan memasukan konsep berpikir dari Schnotz.

- c. Menemukan konsep baru untuk mengetahui kemampuan awal dengan model pembelajaran yang dikembangkan.
- d. Sebagai tambahan kajian tentang pembelajaran kimia yang relevan dengan karakteristik konsep kimia yang meliputi tiga level representasi fenomena, yaitu makroskopis, submikroskopis, dan simbolik, serta peningkatan model mental dan munculnya SRTB peserta didik.

## **E. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan**

### **1. Asumsi Pengembangan**

Beberapa asumsi dalam penelitian ini tentang model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan, yaitu:

- a. Pemanfaatan teknologi informasi sebagai media pembelajaran, tidak mengurangi kualitas pendidikan, tetapi justru menambah wawasan dan pengalaman dalam dunia pendidikan dan menjadikan pembelajaran lebih bermakna (Xing & Marwala, 2018). Model pembelajaran yang dikembangkan adalah model pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi melalui media *EXE Mode* karena teknologi ke depan adalah teknologi berbasis informasi.
- b. Penggunaan *multiple representasi* dalam pembelajaran disebabkan oleh adanya keterbatasan memori kerja seseorang terhadap jumlah informasi yang diterima dalam waktu tertentu (Cowan, 1998; Baddeley, 2003), sehingga disarankan menggunakan representasi melalui dua saluran, yaitu verbal dan *nonverbal* agar mengurangi beban memori kerja seseorang (Paivio, 1990). Dengan menggunakan *multiple representasi* pada pembelajaran yang dikembangkan, peserta didik dapat mempelajari materi ajar berupa teks, gambar, chart, suara, animasi, video, dan sebagainya yang dikemas dalam aplikasi teknologi informasi.

- c. Pemahaman terhadap konsep-konsep kimia sangat bergantung pada tiga level representasi fenomena kimia, yaitu makroskopis, submikroskopis, dan simbolik. Hal ini tercermin dari model mental peserta didik yang dibangun melalui pengalaman, interpretasi, dan penjelasan peserta didik ketika terlibat dalam pembelajaran kimia (Halim et al., 2013).
- d. Seseorang hanya mampu mengingat 20% dari yang dilihat dan 30% dari yang didengar. Tetapi orang dapat mengingat 50% dari yang dilihat dan didengar, 80% dari yang dilihat, didengar, dan dilakukan sekaligus (Magnesen, 1983). Dengan menggunakan beberapa representasi dalam pembelajaran, dapat menyajikan informasi yang sekaligus dilihat, didengar, dan dilakukan, sehingga *multiple representasi* sangatlah efektif untuk menjadi alat yang lengkap dalam proses pembelajaran.

## 2. Keterbatasan Pengembangan

Dalam penelitian pengembangan model pembelajaran *SiMaEXE* ini dibatasi pada beberapa poin berikut, antara lain:

- a. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembelajaran kimia kelas X SMA, dan lokasi penelitian pada beberapa sekolah SMA yang ada di Provinsi Lampung. Hal ini disesuaikan dengan karakteristik dari materi ikatan kimia yang bersifat abstrak dan mengandung tiga level representasi fenomena kimia.
- b. Fokus penelitian ini adalah peningkatan model mental dan memunculkan SRTB pada materi ikatan kimia dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE*.
- c. Implementasi penggunaan model pembelajaran *SiMaEXE* yang dikembangkan dalam penelitian ini, terbatas untuk sekolah-sekolah yang telah memenuhi sarana dan prasarana antara lain ketersediaan laboratorium komputer, jaringan internet yang baik.
- d. Penelitian ini dilakukan di era pandemic covid-19, sehingga uji coba model pembelajaran *SiMaEXE* hanya bisa dilakukan pada sekolah-sekolah yang telah memberikan izin untuk proses pembelajaran secara tatap muka (*offline*).



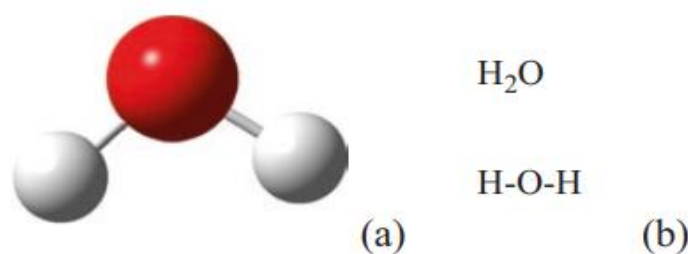
## BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

### A. Kajian Pustaka

#### 1. Konsep *multiple representasi*

Konsep “*multiple representasi*” sudah banyak digunakan di dunia pendidikan pada umumnya dan pendidikan sains pada khususnya. Banyak peneliti menggunakan representasi untuk pembelajaran; apakah representasi eksternal (berupa teks, grafik, atau gambar) atau representasi internal (berupa model mental yang dibangun oleh peserta didik sehubungan dengan konten pembelajaran tertentu) (Treagust et al., 2017).

Perlu dilakukan upaya untuk mengklasifikasi dan menggabungkan tiga level representasi fenomena kimia. Gilbert dan Treagust (Gilbert & Treagust, 2009b), membedakan dalam tiga tipe, yaitu tipe fenomenologis atau makro, tipe model atau submikroskopis, yaitu model representasi eksternal yang menggambarkan atau mengasumsikan susunan entitas, seperti model atom atau molekul, dan tipe ketiga adalah tipe simbolik, yaitu tipe submikro yang lebih disederhanakan menjadi simbol, misalnya “Na” atau “Cl” (Treagust et al., 2017). Secara detail dapat diilustrasikan pada Gambar 2.1.

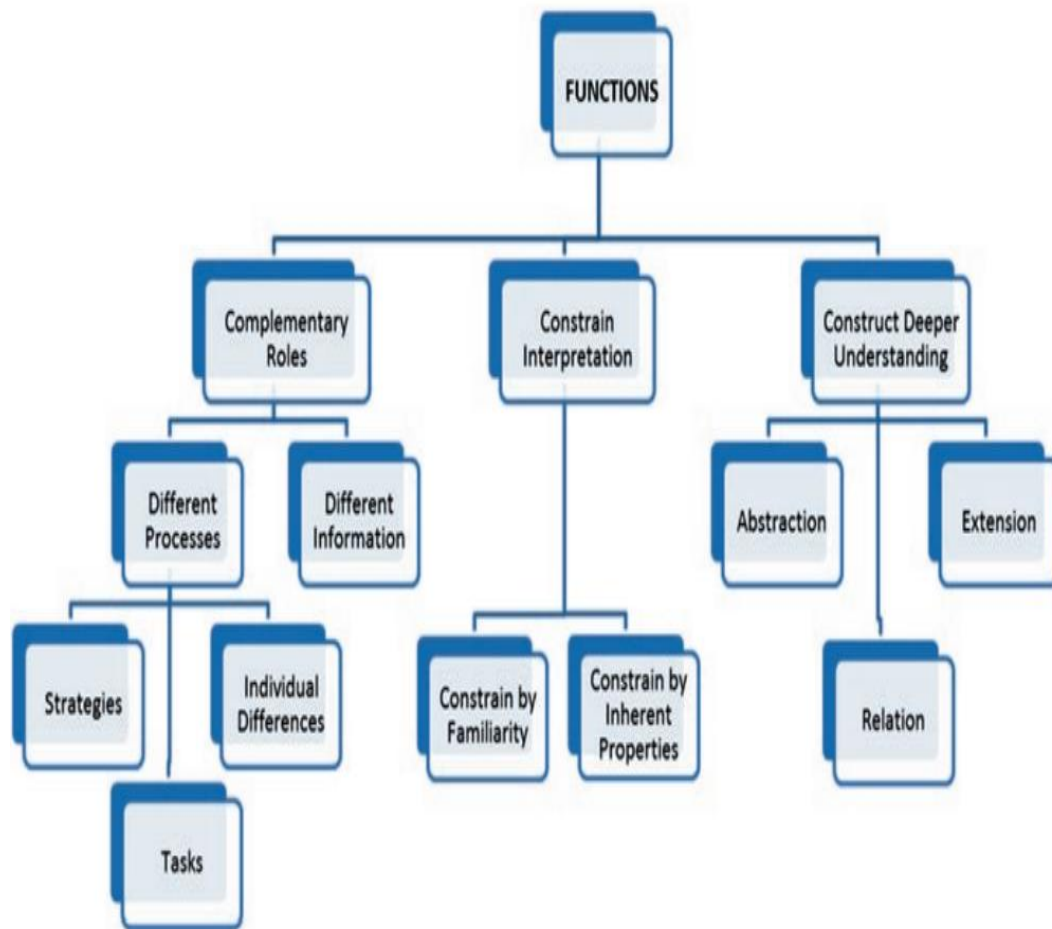


**Gambar 2. 1** (a) Representasi submikroskopis; (b) Representasi simbolik

Lebih lanjut Gilbert dan Treagust menggunakan istilah representasi sebagai representasi eksternal (yang terlihat) dan representasi internal (sebagai model mental), dan pada umumnya desain penelitian yang berkaitan dengan representasi lebih banyak mengarah kepada representasi eksternal atau dengan kata lain visualisasi (Gilbert & Treagust, 2009b).

Pandangan yang lebih luas tentang *multiple representasi* eksternal diberikan oleh Ainsworth (1999), dimana dalam taksonomi DeFT (*Design, Functional, Task*), belajar dengan beberapa representasi berarti menggunakan dua atau lebih representasi eksternal secara bersama. Menurut Ainsworth (Ainsworth, 1999) menjelaskan tentang fungsi taksonomi dari *multiple representasi*, dimana secara umum *multiple representasi* terdiri dari tiga fungsi utama, yaitu: pelengkap (*complementary*), membatasi interpretasi (*constrain*), dan membangun pemahaman (*construct*).

Fungsi pertama adalah *multiple representasi* digunakan untuk memberikan representasi yang berisi informasi pelengkap atau membantu melengkapi proses kognitif. Kedua, satu representasi digunakan untuk membatasi kemungkinan kesalahan menginterpretasi dalam menggunakan representasi yang lain. Ketiga, *multiple representasi* dapat digunakan untuk mendorong peserta didik membangun pemahaman terhadap situasi secara mendalam. Pernyataan tersebut mengandung arti bahwa, peserta didik akan lebih sulit belajar hanya dengan satu representasi tunggal yang terpisah. Secara detail taxonomi fungsional dari *multiple representasi* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Taxonomi fungsional dari *multiple representasi* (Ainsworth, 1999)

*Multiple representasi* mengandung pengertian “menyampaikan kembali konsep-konsep yang telah dipelajari melalui berbagai cara dan berbagai aksi serta berbagai ekspresi,” misalnya penyampaian melalui lisan, gestur, visual, verbal dan simbolik (Sunyono, 2015). Prain dan Waldrip mendefinisikan *multiple representasi* sebagai praktik mempresentasikan kembali konsep yang sama melalui berbagai bentuk, yang mencakup model-model representasi deksriptif (verbal, grafik, tabel), eksperimental, matematis, figurative (*piktorialm analogi*, dan metafora), kinestetik, visual dan model aksional operasional (Prain & Waldrip, 2006).

Berbagai penelitian telah membahas penggunaan *multiple representasi* dalam bahan ajar untuk menjadikan pembelajaran bermakna. Sebagian besar teori didasarkan pada asumsi tentang pemrosesan informasi dan cara berpikir manusia.

Secara spesifik dijelaskan bahwa memori kerja (*working memory*) seseorang sangat terbatas terkait dengan jumlah informasi yang diterima pada waktu tertentu (Baddeley, 2003). Informasi yang diterima berasal dari berbagai bentuk representasi, baik secara verbal maupun secara visual (Paivio, 1990), tergantung darimana sumber informasi. Mengacu pada kapasitas memori kerja, maka kedua saluran baik verbal maupun *nonverbal* diasumsikan memiliki keterbatasan jumlah informasi yang dapat diproses pada waktu yang bersamaan dan secara paralel, sehingga disarankan untuk memanfaatkannya secara optimal dari kedua saluran agar tidak membebani hanya salah satu dari kedua saluran tersebut. Salah satu cara adalah dengan menggunakan beberapa representasi dalam bahan ajar.

## **2. Pembelajaran dengan *multiple representasi***

Tiga level representasi fenomena kimia antara lain; (1) representasi berupa fenomena yang dapat dialami oleh indera manusia, (2) representasi yang mendukung kepada pendekatan kualitatif dari fenomena tersebut, dan (3) representasi yang menjelaskan secara kuantitatif dari fenomena-fenomena tersebut (Sunyono, 2020). Fenomena pertama terdiri representasi dari sifat empiris padatan, cair, koloid, gas dan aerosol. Sifat-sifat ini dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari atau dalam laboratorium kimia, karena dapat diukur, misalnya pengukuran massa, densitas, konsentrasi, pH, suhu, dan tekanan osmosis.

Tipe yang kedua atau model dari karakteristik kimia dimana model ini menunjukkan entitas yang terlalu kecil untuk dapat diamati oleh kasat mata sehingga membutuhkan bantuan seperti mikroskop optik. Model dalam kimia yang dihasilkan, misalkan terjadinya padatan dapat digambarkan sebagai atom atau molekul, atau koloid yang merupakan kumpulan partikel-partikel yang sangat halus. Pemahaman terhadap perubahan sifat berkaitan dengan distribusi elektron dalam suatu ikatan, dapat dilakukan dengan menghitung kerapatan elektron yang didistribusi, atau bentuk orbital atom atau molekul.

Tipe yang ketiga berupa simbolik yang mewakili atom terkait dengan beberapa elemen antara lain tanda yang menunjukkan muatan listrik, subskrip yang menunjukkan jumlah atom dalam ion atau molekul, huruf yang menunjukkan

keadaan fisik entitas (misal padat (s), cair (l), gas (g), dan aqua (aq), dan lain-lain). Representasi ini juga dapat digunakan untuk tipe pertama guna menjelaskan secara kuantitatif reaktan dan produk dalam perhitungan stoikiometri, juga untuk tipe kedua saat menjelaskan perubahan fisik dan kimia.

Pernyataan-pernyataan ini dapat diberikan dalam model representasi visual, seperti diagram atau grafik (gambar dua dimensi). Berdasarkan pandangan pemrosesan informasi, dalam *Cognitive Theory of Multimedia Learning* atau CTML, menyarankan agar menggunakan bahan ajar *multimedia* dalam meningkatkan pemahaman peserta didik dan menjadikan pembelajaran bermakna. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa kata-kata dan gambar secara kualitatif akan berbeda makna sehubungan dengan informasi yang dikandungnya, karena kata-kata dan gambar diproses melalui saluran yang berbeda, sehingga akan terintegrasi ke dalam model mental yang koheren pada saat pembelajaran berlangsung (Mayer, 2005). Pembelajaran kimia dengan menggunakan model *multiple representasi* lebih efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan memecahkan masalah bagi peserta didik yang memiliki kemampuan awal sedang dan rendah (Sunyono & Meristin, 2018).

Kunci utama keberhasilan pembelajaran adalah kemampuan peserta didik dalam merepresentasikan fenomena kimia pada tingkat submikroskopis. Pembelajaran yang melibatkan tiga level representasi fenomena kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik) dapat dilakukan melalui pembelajaran model *SiMaYang* yang merupakan langkah strategis untuk meningkatkan kemampuan daya nalar peserta didik, sehingga berdampak pada peningkatan keterampilan literasi kimia (Sunyono & Meristin, 2019). Lebih lanjut Sunyono (2018) mengatakan bahwa pembelajaran yang hanya menekankan pada representasi verbal akan mengakibatkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami kimia. Kesulitan ini dikarenakan peserta didik tidak dapat menginterpretasikan fenomena submikroskopis berdasarkan gambar yang telah dibuat (Sunyono & Sudjarwo, 2018).

Terkait dengan hubungan tiga fenomena tersebut di atas, beberapa penelitian menyatakan bahwa banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam

pemahamannya (Sunyono, 2020). Buku *Multiple representasi in Chemical Education* (Gilbert & Treagust, 2009a) menjelaskan tentang kesulitan peserta didik dalam pemahaman tiga fenomena disebabkan oleh:

- (a) Kurang pengalaman peserta didik dengan tipe makro. Pengalaman praktis yang sesuai dengan minat peserta didik belum ada, peserta didik tidak memahami tentang apa yang sedang mereka pelajari.
- (b) Peserta didik bingung dan terjadi kesalahpahaman tentang tipe submikro, karena ketidakmampuan peserta didik dalam memvisualisasikan entitas ke dalam jenis submikro.
- (c) Kurangnya pemahaman tentang arti dari simbol-simbol kimia.
- (d) Ketidakmampuan peserta didik untuk menghubungkan ketiga tipe tersebut.

Ahli kimia menyatakan pada level submikroskopis menyangkut tentang dunia atom dan turunannya, yaitu ion molekul. Lebih lanjut dikatakan bahwa atom dan turunannya tidak dapat diamati, hanya dapat diakses melalui imajinasi, dan imajinasi merupakan kunci dalam penelitian kimia, serta mampu meningkatkan tingkat pemahaman peserta didik karena melalui imajinasi peserta didik (model mental) dapat mengembangkan kemampuannya visualisasinya (Sunyono, 2020). Beberapa peneliti lainnya mendukung pernyataan bahwa pemahaman terhadap level representasi submikroskopis diawali dengan model mental yang baik (Latipah et al., 2021; Karaçam & Bilir, 2021; Cheng, 2018). Pembentukan model mental melalui pembelajaran *multiple representasi SiMaYang*, dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan strategi pembelajaran untuk membentuk konsep pembelajaran yang lebih bermakna, dan upaya mengembangkan model mental dalam pembelajaran adalah salah satu konsep untuk menghasilkan tingkat penalaran peserta didik yang lebih baik (Sunyono et al., 2015).

Peneliti menyajikan Tabel 2.1 untuk menjelaskan perbedaan antara level submikroskopis dengan makroskopis dan memberikan beberapa contoh fenomena kimia yang dapat diamati (makroskopis) dan hubungannya dengan level submikroskopis (Gilbert & Treagust, 2009a).

**Tabel 2. 1** Contoh penjelasan level makroskopis dan Submikroskopis

Perilaku Makroskopis	Penjelasan Submikroskopis
Tekanan Gas	Tabrakan partikel-partikel yang bergerak cepat pada dinding vesel
Meleleh	Suhu yang cukup tinggi sehingga partikel memiliki energi yang cukup untuk mengatasi beberapa gaya antar molekul.
Natrium Klorida larut di dalam air	Gaya tarik menarik antara molekul air dengan ion-ion untuk mengatasi gaya antara ion yang bermuatan berlawanan dalam kisi padat.
Reaksi berlangsung cepat dalam kondisi suhu yang lebih tinggi.	Fraksi tumbukan yang lebih tinggi memiliki energi total tumbukan partikel lebih besar dari energi aktivasi yang dibutuhkan untuk reaksi.
Aktifitas optik suatu zat	Molekul zat tidak simetris. Interaksi antara molekul dan radiasi elektromagnetik seperti pada bidang polarisasi radiasi selalu berotasi ke arah yang sama.

(Sumber: B. Bucat &amp; Mocerino., 2009)

### 3. Teori-Teori yang Melandasi Pembelajaran Kimia

Ilmu kimia merupakan salah satu ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang sifat, struktur dan perubahan zat, di samping prinsip, konsep, teori, dan hukum yang mendukung ke arah perubahan suatu zat atau materi (Effendy, 2008). Ikatan kimia merupakan konsep fundamental dalam pendidikan kimia (Nahum et al., 2010). Ikatan kimia secara ontologis bukan merupakan objek yang terpisah, dan ikatan kimia menggambarkan fenomena atom “saling berikatan” karena interaksi elektrostatis dan fenomena mekanika kuantum (Allouche, 2012). Karena sifatnya yang abstrak dan teoretis, ikatan kimia merupakan topik yang menantang dalam pendidikan kimia (De Jong & Taber, 2014; Jone & Carter, 2007). Sebagai mata pelajaran yang penting dalam kurikulum, banyak peserta didik merasa konsep kimia sulit untuk dipelajari dan dipahami, dan ikatan kimia penting dalam memahami komposisi senyawa kimia dan konsep terkait urutan, yaitu ikatan kovalen, ikatan ionik, dan polaritas, sehingga perlu dukungan teori pembelajaran konstruktivisme (Dhindsa & Treagust, 2014). Secara umum pembelajaran kimia diharapkan mampu menghubungkan cara peserta didik belajar dan memahami kimia dengan kehidupan peserta didik sehari-hari di dalam masyarakat (Mahaffy, 2006). Model pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik tersebut perlu dikaji

dengan merumuskan teori-teori belajar yang melandasi model pembelajaran tersebut.

#### **a. Teori Belajar Konstruktivisme**

Salah satu teori atau pandangan yang kita kenal adalah teori belajar konstruktivisme yang merupakan teori perkembangan mental Piaget. Teori belajar konstruktivisme berkenaan dengan kesiapan anak untuk belajar, yang dikemas dalam tahap perkembangan intelektual dari lahir hingga dewasa. Lebih jauh Piaget mengemukakan bahwa pengetahuan tidak diperoleh secara pasif oleh seseorang, melainkan melalui tindakan. Pembentukan pengetahuan menurut model konstruktivisme memandang subjek aktif menciptakan struktur-struktur kognitif dalam interaksinya dengan lingkungan (Piaget, 1988).

Menurut teori konstruktivisme yang terpenting adalah bahwa dalam proses pembelajaran peserta didiklah yang harus mendapatkan penekanan. Merekalah yang harus aktif mengembangkan pengetahuan mereka, bukannya guru atau orang lain. Mereka harus bertanggung jawab terhadap hasil belajarnya. Penekanan belajar secara aktif ini perlu dikembangkan. Kreativitas dan keaktifan peserta didik akan membantu mereka untuk berdiri sendiri dalam kehidupan kognitifnya untuk menyelesaikan masalah (Costa et al., 2016). Berkaitan dengan hal itu, Slavin (Slavin, 2006) menyatakan bahwa guru/dosen perlu memberi kemudahan dalam proses penyelesaian masalah dengan memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menemukan atau menerapkan ide-ide mereka sendiri.

Pengetahuan dalam pengertian konstruktivisme tidak dibatasi pada pengetahuan logis dan tinggi. Pengetahuan di sini juga dapat mengacu pada pembentukan gagasan, gambaran, pandangan akan sesuatu atau gejala sederhana. Pengalaman dan lingkungan kadang punya arti lain dengan arti sehari-hari. Pengalaman tidak harus selalu pengalaman fisis seseorang seperti melihat, merasakan dengan inderanya, tetapi dapat pula pengalaman mental, yaitu berinteraksi secara pikiran dengan suatu objek (Suparno, 1997). Dalam konstruktivisme kita sendiri yang aktif dalam mengembangkan pengetahuan.



Pemerolehan ini dilakukan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan, menggali dan menilai sendiri apa yang kita ketahui (Glaserfeld, 1995).

Proses pembelajaran yang terjadi menurut pandangan konstruktivisme menekankan pada kualitas dari keaktifan peserta didik dalam menginterpretasikan dan membangun pengetahuannya. Setiap organisme menyusun pengalamannya dengan jalan menciptakan struktur mental dan menerapkannya dalam pembelajaran. Suatu proses aktif terjadi dimana organisme atau individu berinteraksi dengan lingkungannya dan mentransformasinya ke dalam pikirannya dengan bantuan struktur kognitif yang telah ada dalam pikirannya (Cobb, 1994). Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan pembelajaran konstruktivisme, yaitu: (1) mengutamakan pembelajaran yang bersifat nyata dalam konteks yang relevan, (2) mengutamakan proses, (3) menanamkan pembelajaran dalam konteks pengalaman sosial, (4) pembelajaran dilakukan dalam upaya mengkonstruksi pengalaman.

Konstruktivisme Vygotskian memandang bahwa pengetahuan dikonstruksi secara kolaboratif antar individu dan keadaan tersebut dapat disesuaikan oleh setiap individu. Proses dalam kognisi diarahkan melalui adaptasi intelektual dalam konteks sosial budaya. Proses penyesuaian itu ekuivalen dengan pengkonstruksian pengetahuan secara intra individu yakni melalui proses regulasi diri internal. Berkaitan dengan hal ini, para konstruktivis Vygotskian lebih menekankan pada penerapan teknik saling tukar gagasan antar individu (Shaffer, 1996). Dua prinsip penting yang diturunkan dari teori Vygotsky adalah: (1) mengenai fungsi dan pentingnya bahasa dalam komunikasi sosial yang dimulai proses pencanderaan terhadap tanda (*sign*) sampai kepada tukar menukar informasi dan pengetahuan, (2) *zone of proximal development*. Guru sebagai mediator memiliki peran mendorong dan menjembatani peserta didik dalam upayanya membangun pengetahuan, pengertian, dan kompetensi.

Sumbangan penting teori Vygotsky adalah penekanan pada hakikat pembelajaran sosiokultural. Inti teori Vygotsky adalah menekankan interaksi antara aspek internal dan eksternal dari pembelajaran dan penekanannya pada lingkungan sosial pembelajaran. Menurut teori Vygotsky, fungsi kognitif manusia berasal dari

interaksi sosial masing-masing individu dalam konteks budaya (Slavin, 2006). Vygotsky juga yakin bahwa pembelajaran terjadi saat peserta didik bekerja menangani tugas-tugas yang belum dipelajari namun tugas-tugas tersebut masih dalam jangkauan kemampuannya atau tugas-tugas itu berada dalam *zone of proximal development* mereka (Slavin, 2006). *Zone of proximal development* adalah daerah antar tingkat perkembangan sesungguhnya yang didefinisikan sebagai suatu kemampuan memecahkan masalah secara mandiri dan tingkat perkembangan potensial yang didefinisikan sebagai kemampuan pemecahan masalah dibawah bimbingan orang dewasa atau teman sebaya yang lebih mampu (Slavin, 2006). Dalam hal ini, Vygostky menyatakan bahwa pengetahuan dibangun peserta didik dalam konteks budaya dan atas dasar interaksinya dengan teman sebaya atau faktor eksternal yang lain, dengan demikian, konsep tidak bisa dibangun tanpa melakukan interaksi sosial (Howe, 1996). Suatu model pembelajaran konstruktivis dapat berpijak dari dua teori tersebut.

Implikasi dari teori konstruktivis dalam proses pembelajaran adalah peserta didik melakukan proses aktif dalam mengkonstruksi gagasan-gagasannya menuju konsep yang bersifat ilmiah. Peserta didik menyeleksi dan mentransformasi informasi, mengkonstruksi dugaan-dugaan (hipotesis) dan membuat suatu keputusan dalam struktur kognitifnya. Struktur kognitif (skema, model mental) yang dimiliki digunakan sebagai wahana untuk memahami berbagai macam pengertian dan pengalamannya. Ada beberapa aspek utama dalam upaya mengimplementasikan teori konstruktivis ini dalam pembelajaran, yaitu: (a) peserta didik sebagai pusat pembelajaran, (b) pengetahuan yang akan disajikan disusun secara sistematis dan terstruktur sehingga mudah dipahami oleh peserta didik, (c) memanfaatkan media yang baik (Yuberti, 2014).

Tytler (1996) mengajukan beberapa saran yang berkaitan dengan rancangan pembelajaran dalam mengimplementasikan teori belajar konstruktivisme, sebagai berikut: (1) memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengemukakan gagasannya dengan bahasa sendiri, (2) memberi kesempatan kepada peserta didik untuk berpikir tentang pengalamannya sehingga menjadi lebih kreatif dan imajinatif, (3) memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mencoba gagasan

baru, (4) memberi pengalaman yang berhubungan dengan gagasan yang telah dimiliki peserta didik, (5) mendorong peserta didik untuk memikirkan perubahan gagasan mereka, dan (6) menciptakan lingkungan belajar yang kondusif.

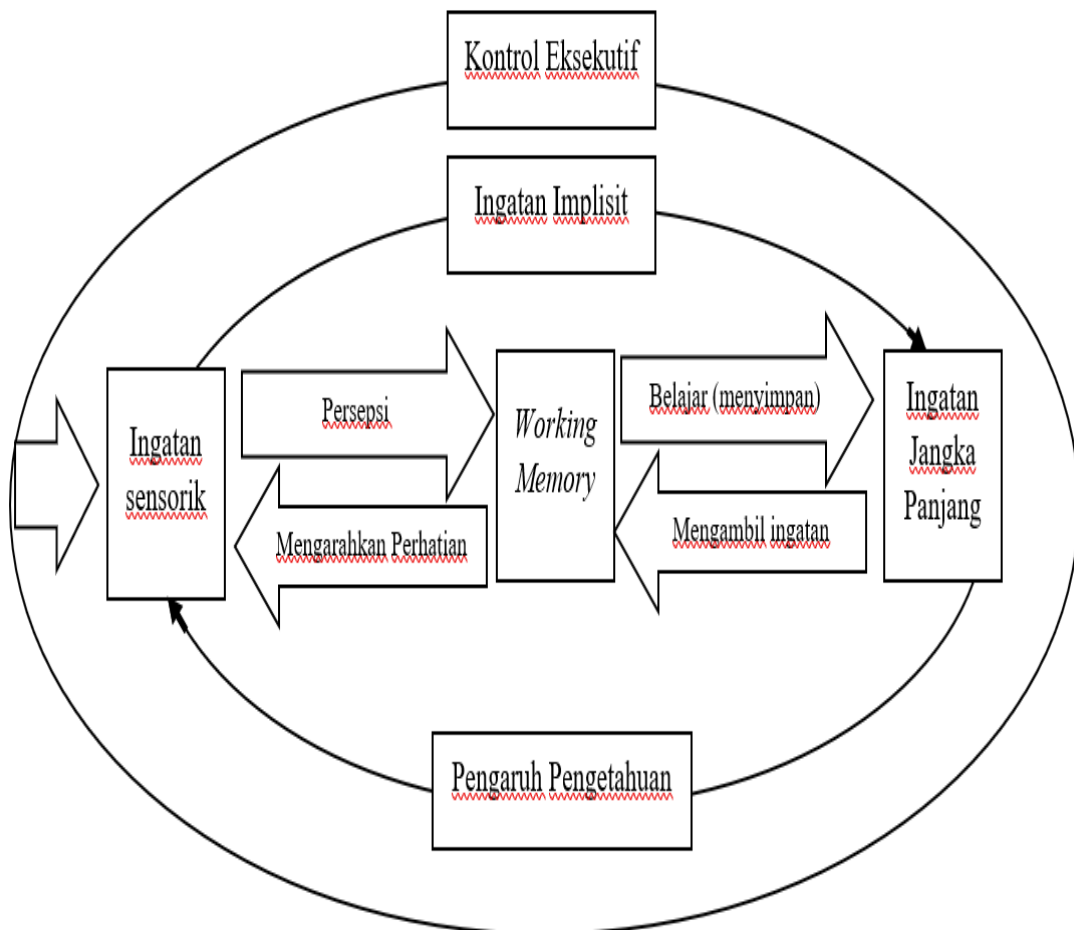
Pembelajaran penemuan (*discovery learning*) dari Bruner merupakan model pembelajaran yang didasarkan pada pandangan kognitif tentang prinsip-prinsip konstruktivis (Slavin, 2006). Peserta didik didorong untuk terlibat aktif dalam pembelajaran dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, sehingga memperoleh pengalaman yang lebih mendalam melalui suatu kegiatan yang memungkinkan mereka menemukan konsep-konsep dan prinsip-prinsip untuk diri mereka sendiri (Slavin, 2006).

#### **b. Teori Pemrosesan Informasi**

Model pemrosesan informasi membahas tentang peran operasi-operasi kognitif dalam pengolahan informasi. Inti dari perkembangan dalam pemrosesan informasi adalah terbentuknya sistem pada diri seseorang yang semakin efisien untuk mengontrol aliran informasi. Ada dua model yang dapat digunakan untuk menjelaskan teori pemrosesan informasi, yaitu model penyimpanan (*store/structure model*) dan model tingkat pemrosesan (*level of processing*). Model penyimpanan dikembangkan oleh Atkinson dan Shiffrin, sedangkan model tingkat pemrosesan dikembangkan oleh Craik dan Lockhart (Solso et al., 2008).

Menurut model pemrosesan informasi yang dikembangkan oleh Atkinson dan Shiffrin, kognisi manusia dikonsepsikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari tiga bagian, yaitu masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Informasi dari dunia sekitar merupakan masukan bagi sistem kognisi. Stimulasi dari dunia sekitar ini memasuki reseptor memori dalam bentuk penglihatan, suara, rasa, dan sebagainya, selanjutnya diinput dan diproses dalam otak. Dalam hal ini, otak mengolah dan mentransformasikan informasi dalam berbagai cara. Proses ini meliputi pengkodean ke dalam bentuk-bentuk simbolik, membandingkan dengan informasi yang telah diketahui sebelumnya, menyimpan dalam memori, dan mengambilnya bila diperlukan. Akhir dari proses ini adalah keluaran, yaitu perilaku manusia, seperti berbicara, menulis, interaksi sosial, dan sebagainya.

Menurut Woolfolk (Woolfolk, 2009), informasi dari dunia sekitar di *encode* dalam ingatan sensorik dengan persepsi dan atensi dalam menentukan apa yang akan disimpan dalam *working memory* (memori kerja) untuk digunakan lebih jauh. Dalam *working memory*, informasi baru dihubungkan dengan pengetahuan dari ingatan jangka panjang. Informasi yang diproses secara seksama dan dihubungkan dengan pengetahuan yang sudah ada itu menjadi bagian ingatan jangka panjang, dan dapat diaktifkan kembali ke *working memory*. Dengan demikian, ingatan implisit ini dibentuk tanpa upaya sadar. Sistem pemrosesan informasi ini digambarkan oleh Woolfook (2009) pada Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3** Sistem Pemrosesan Informasi (Woolfolk, 2009)

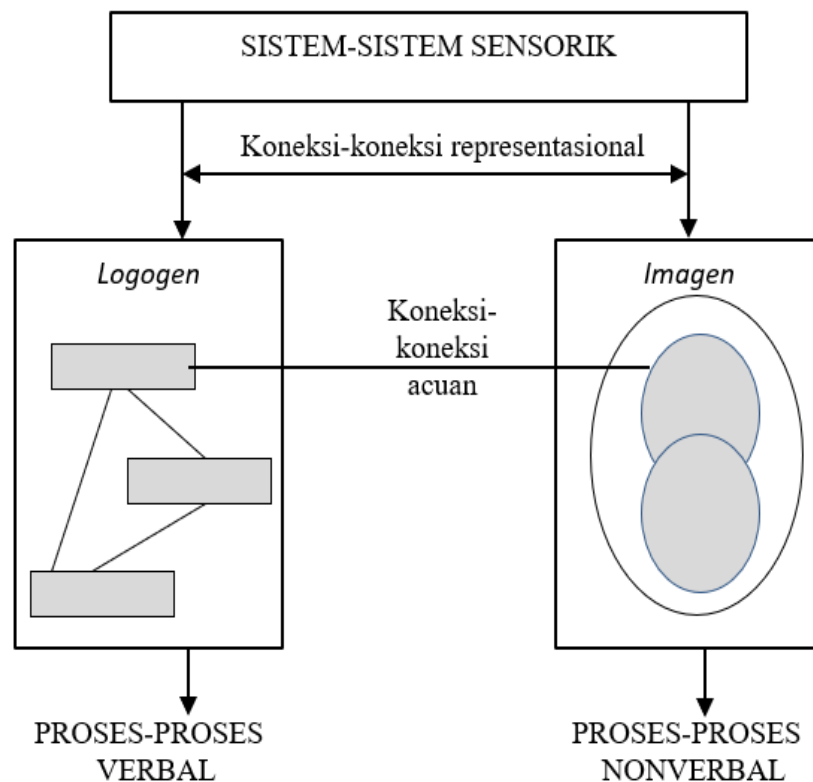
Secara sederhana, sistem pemrosesan informasi dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama-tama manusia menangkap informasi dari lingkungan melalui organ-organ sensorisnya, yaitu mata, telinga, hidung, dan sebagainya. Beberapa informasi disaring (diabaikan) pada tingkat sensoris, kemudian sisanya dimasukkan ke dalam ingatan jangka pendek (kesadaran). Ingatan jangka pendek mempunyai kapasitas pemeliharaan informasi yang terbatas sehingga kandungannya harus diproses sedemikian rupa (misalnya dengan pengulangan atau pelatihan), jika tidak akan lenyap dengan cepat. Bila diproses, informasi dari ingatan jangka pendek (*short-term memory*) dapat ditransfer ke dalam ingatan jangka panjang (*long-term memory*). Ingatan jangka panjang (*long-term memory*) merupakan hal penting dalam proses belajar. Informasi yang disimpan dalam memori jangka panjang dianggap relative permanen, meskipun kadang-kadang sulit untuk diakses (lupa) akibat adanya interferensi dari informasi yang baru (Solso et al., 2008). Teori pemrosesan informasi ini melandasi teori pembayangan mental (*mental imagery*), yang salah satunya adalah teori pengkodean ganda (*dual coding*).

### **c. Teori *Dual coding* (*Dual coding theory* = DCT)**

Teori pengkodean ganda (DCT = *Dual coding theory*) merupakan teori tentang kognisi dan pikiran. Teori ini pada mulanya digunakan untuk menjelaskan efek yang kuat dari citra mental pada memori, kemudian diperluas penggunaannya untuk memperhitungkan fenomena mental yang lebih mendalam (Clark & Paivio, 1991). Menurut teori ini bahwa informasi yang diterima seseorang diproses melalui salah satu dari dua *channel*, yaitu *channel* verbal seperti teks dan suara, dan *channel nonverbal* (*nonverbal image*) seperti diagram, gambar, dan animasi (Solso, 2008). Kedua *channel* informasi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. *Channel* verbal memproses informasi secara berurutan sedangkan *channel nonverbal* memproses informasi secara bersamaan (sinkron) atau paralel.

Aktifitas berpikir dimulai ketika sistem sensori memori menerima rangsangan dari lingkungan, baik berupa rangsangan verbal maupun rangsangan *nonverbal*. Hubungan-hubungan representatif (*representational connection*) terbentuk untuk menemukan *channel* yang sesuai dengan rangsangan yang

diterima. Dalam *channel* verbal, representasi dibentuk secara urut dan logis, sedangkan dalam *channel nonverbal*, representasi dibentuk secara holistik (Sadoski & Paivio, 2013). Sebagai contoh, mata, hidung, dan mulut dapat dipandang secara terpisah, tetapi dapat juga dipandang sebagai bagian dari wajah. Representasi informasi yang diproses melalui *channel* verbal disebut *logogen* sedangkan representasi informasi yang diproses melalui *channel nonverbal* disebut *imagen*. Model umum tentang teori *Dual coding* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4** Model umum Teori *Dual coding* (Sumber: Solso, 2008; 302)

DCT kadang-kadang disebut juga sebagai teori citra mental (citra visual dan citra verbal). Citra mental (terutama citra visual) dapat ditelusuri dengan penekanan pada pengalaman kognisi dan pikiran, dan tradisi citra verbal lebih menekankan pada aspek yang eksklusif pada bahasa dan psikologi perilaku (Sadoski, 2009). Asumsi dasar dari DCT adalah bahwa semua representasi mental mempertahankan

beberapa kualitas kognisi informasi yang berasal dari pengalaman eksternal yang diperoleh. Pengalaman ini dapat berupa linguistik maupun nonlinguistik.

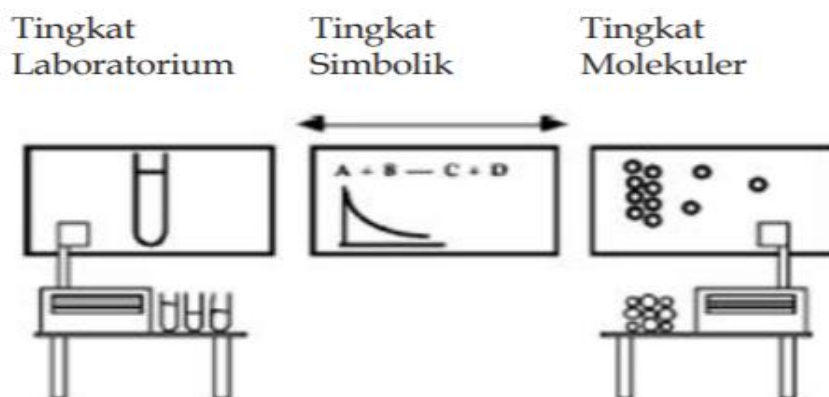
Kedua kode verbal dan *nonverbal* mempunyai dua bentuk yang berbeda dalam pengolahan informasi yang berasal dari pengalaman eksternal (Andrews et al., 2002). *Logogens* visual umumnya lebih ditekankan pada informasi huruf dan kata yang ditulis dalam frasa; *logogens* pendengaran untuk fonem dan pengucapan frase kata; *logogens haptik* untuk mengucapkan, menulis, atau menandai unit-unit bahasa. Kedua jenis representasi dapat diaktifkan dengan berbagai cara. *Logogens* dapat diaktifkan secara langsung oleh input sensorik seperti ketika kita melihat bahan-bahan cetakan, dan *imagens* dapat diaktifkan dengan melihat objek yang lebih familiar. Kedua jenis representasi mental juga dapat diaktifkan secara tidak langsung, seperti ketika kita secara spontan membuat gambar, kata-kata, atau menyebutkan nama benda (Andrews et al., 2002). Salah satu implikasi dari DCT adalah bahwa gambar-gambar atau diagram atau bahasa kognisi harus dipahami dan diingat lebih baik daripada bahasa yang abstrak (misalnya, asumsi dasar). Penggunaan citra mental dan bahasa dalam keterampilan psikomotorik pembelajaran juga telah dipelajari secara ekstensif. Prosedur psikomotorik ini biasanya mengambil bentuk relaksasi yang dipandu dan diikuti oleh tindakan fisik mental dalam membayangkan secara rinci dari deksripsi verbal yang disajikan. Dua meta-analisis dari studi eksperimental menemukan dampak keseluruhan substansial tentang citra mental (Driskell et al., 1994).

Kedua *channel* pemrosesan informasi dalam DCT tersebut tidak ada yang lebih dominan. Carlson, Chandler, dan Sewller tahun 2003 telah melakukan sebuah riset untuk melihat apakah pembelajaran yang dilakukan melalui diagram atau teks akan membantu kegiatan belajar. Carlson dan kawan-kawan mengasumsikan bahwa karena diagram lebih lengkap dibandingkan dengan teks dan melalui diagram seseorang mampu menghubungkan antara elemen yang satu dengan yang lainnya, sehingga orang yang belajar melalui diagram akan lebih berprestasi dibandingkan dengan orang yang belajar dengan menggunakan teks saja, dan kelompok peserta didik yang belajar dengan menggunakan diagram memiliki prestasi lebih tinggi dibandingkan dengan yang hanya belajar dengan teks.

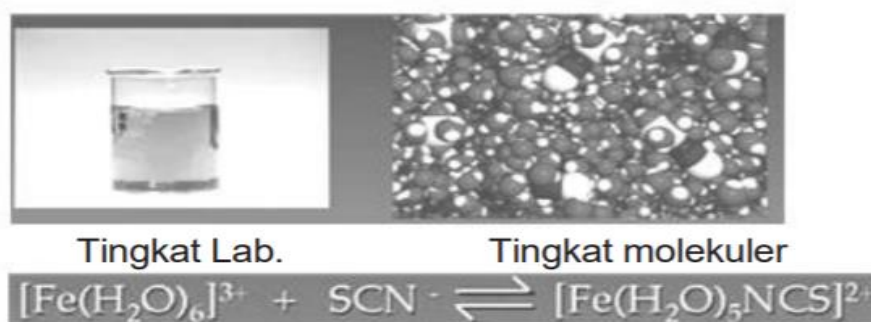
Sistem visual manusia dapat dimanfaatkan untuk memproses informasi secara paralel dengan informasi verbal, sehingga kita dapat membaipass atau mengurangi efek pembebanan yang dapat terjadi dalam memori kerja (Zhang et al., 2002). Demikian pula dengan memanfaatkan ilustrasi atau gambar sederhana (yang bukan kompleks), akan dapat mengurangi beban pada memori kerja (*working memory*). Jika dikaitkan dengan bagaimana seseorang memproses suatu informasi baru, dapat dinyatakan bahwa DCT memberikan dukungan terhadap pendapat yang menyatakan bahwa seseorang belajar dengan cara menghubungkan pengetahuan yang baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya (*prior knowledge*). DCT juga menyiratkan bahwa seseorang akan belajar lebih baik ketika media belajar yang digunakan merupakan perpaduan yang tepat dari *channel* verbal dan *nonverbal* (Najjar, 1995). Menurut Sunyono (2014), ketika media belajar yang digunakan merupakan gabungan dari beberapa media maka kedua *channel* pemrosesan informasi (verbal dan *nonverbal*) dimungkinkan untuk bekerja secara paralel atau bersama-sama, yang berdampak pada kemudahan informasi yang disampaikan terserap oleh peserta didik. Teori ini sangat mendukung pengembangan pembelajaran kimia yang melibatkan tiga level representasi fenomena kimia.

Penggunaan model konkrit, representasi gambar, animasi dan simulasi telah terbukti menguntungkan bagi proses pemahaman konsep kimia oleh peserta didik khususnya pada konsep level molekuler (Tasker & Dalton, 2006). Terkait hal ini, Tasker & Dalton (2006) menyarankan perlunya pengembangan model mental pada level molekuler dalam pembelajaran melalui desain pembelajaran dengan menggunakan berbagai media (*multimedia*) yang didalamnya melibatkan program animasi dan sistem pemrosesan informasi audio visual sebagai model dari DCT pada level molekuler. Representasi sistem pemrosesan informasi audio visual untuk kesetimbangan ion besi (III) tiosianat diilustrasikan dalam Gambar 2.5 dan 2.6.





**Gambar 2. 5** Penggunaan pendekatan tiga level berpikir dalam pembelajaran.



**Gambar 2. 6** Keseimbangan ion besi (III) tiosianat yang dinyatakan dalam tiga representasi (tingkat lab, molekuler, dan simbolik)

Menurut Tasker dan Dalton (2006), ilmu kimia selalu melibatkan proses-proses perubahan yang dapat diamati (misalnya perubahan warna, bau, gelembung) di tingkat makroskopik atau laboratorium, dan perubahan yang tidak dapat diamati dengan indera mata, seperti perubahan struktur atau proses di tingkat sub-mikro atau molekul imajiner. Perubahan-perubahan di tingkat molekuler ini kemudian digambarkan pada tingkat simbolik yang abstrak dalam dua cara, yaitu secara kualitatif menggunakan notasi khusus, bahasa, diagram, dan simbolisme, dan secara kuantitatif menggunakan matematika (persamaan dan grafik).

#### d. Elaborasi

Konsep teori elaborasi adalah prosedur untuk mempresentasikan struktur isi materi yang kompleks, menentukan urutan yang optimal dalam pembelajaran, dan menentukan strategi presentasi yang optimal dalam materi pelajaran yang kompleks.

Konsep teori elaborasi diciptakan untuk pembelajaran yang mengharuskan peserta didik menggunakan seperangkat prosedur atau prinsip yang saling terkait untuk memecahkan masalah di dalam kelas. Premis dasar dari teori elaborasi adalah prinsip pernyataan hubungan antara dua atau lebih konsep harus diajarkan terlebih dahulu (Merrill, 1977). Prinsip tersebut harus dipresentasikan dalam bentuk yang paling sederhana untuk diturunkan menjadi prosedur yang lengkap, sehingga mendapatkan solusi.

Teori elaborasi instruksi menyatakan bahwa jika instruksi kognitif diorganisasikan dengan cara tertentu maka instruksi tersebut akan menghasilkan tingkat pembelajaran, sintesis, retensi, dan pengaruh yang lebih tinggi. Model elaborasi instruksi dimulai dengan menyajikan pengetahuan pada tingkat yang sangat umum atau sederhana dalam bentuk ilustrasi atau gambaran khusus. Kemudian dilanjutkan dengan menambahkan pengetahuan yang lebih kompleks sesuai dengan tujuan pembelajaran (Reigeluth, 1979).

Teori elaborasi adalah teori mengenai desain pembelajaran dengan dasar argumen bahwa pelajaran harus diorganisasikan dari materi yang sederhana menuju pada harapan yang kompleks dengan mengembangkan pemahaman pada konteks yang lebih bermakna sehingga berkembang menjadi ide-ide yang terintegrasi (Reigeluth, 1979). Elaborasi juga bermakna sebagai sebuah proses penambahan pengetahuan yang berhubungan dengan informasi yang sedang dipelajari.

Elaborasi memperlancar pemanggilan dengan dua cara, yaitu: (1) elaborasi menyediakan alternatif cara untuk pemanggilan agar aktivasi menyebar, dan (2) elaborasi menyediakan informasi tambahan yang dapat berguna untuk mengkonstruksi tambahan jawaban. Teori elaborasi mempreskripsikan cara pengorganisasian pengajaran dengan mengikuti urutan umum ke rinci, seperti teori-teori sebelumnya. Urutan umum ke rinci dimulai dengan menampilkan struktur isi bidang studi yang dipelajari (*epitome*), kemudian mengelaborasi bagian-bagian yang ada dalam *epitome* secara lebih rinci (Mandasari, 2018).

Kegiatan elaborasi adalah kegiatan pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik mengembangkan ide, gagasan dan kreasi dalam mengekspresikan konsep kognitif melalui berbagai cara, baik lisan maupun tulisan

sehingga timbul kepercayaan diri yang tinggi tentang kemampuan dan eksistensi dirinya (Nursyam, 2009). Elaborasi merupakan cara penambahan makna baru terhadap informasi baru dengan cara menghubungkan dengan pengetahuan yang sudah ada atau yang sudah dimiliki. Dengan demikian elaborasi ini digunakan untuk membangun sebuah pemahaman terhadap informasi baru atau mungkin proses mengubah pengetahuan yang sudah ada. Elaborasi sebagai sebuah bentuk pengulangan, yang dapat menjaga keaktifan kerja memori jangka panjang, sehingga cukup memungkinkan untuk penyimpanan permanen dalam *long term memory* (LTM) (Suminar, 2013).

#### **e. *Smart risk-taking behavior* (SRTB)**

Perilaku pengambilan risiko adalah kesediaan individu untuk mengambil risiko dalam kondisi di mana dia tidak dapat memperkirakan konsekuensinya, untuk tindakan yang sebelumnya tidak dilakukan dan yang kemungkinan alternatifnya tidak diketahui (Çakır & Yaman, 2016). Perilaku pengambilan risiko dapat dikategorikan ke dalam kategori intelektual, sosial, emosional, fisik, dan pengambilan risiko sentimental (Neihart, 1999). Perilaku pengambilan risiko dapat dikelompokkan menjadi lima kelompok, yaitu perilaku pengambilan risiko dalam lalu lintas, seksualitas, penggunaan narkoba, olahraga ekstrim, dan akademis atau intelektual (Akdağ et al. 2017). Perilaku pengambilan risiko intelektual adalah kategori spesifik dari pengambilan risiko yang berkaitan dengan pendidikan (Akdag et al., 2017). Beghetto (2009) menyatakan bahwa perilaku pengambilan risiko intelektual sebagai "bentuk tambahan dari pengambilan risiko" dan perilaku tersebut dipengaruhi oleh minat/ketertarikan dalam bidang sains (*Interest in Science/IS*), kepercayaan diri yang kreatif (*Creative Self-Efficacy/CSE*), dan persepsi tentang kontribusi guru (Beghetto, 2009). Lingkungan pendidikan akan memungkinkan peserta didik untuk mengambil lebih banyak risiko dalam kegiatan pendidikan (Clifford, 1991). Perilaku intelektual dalam pengambilan risiko menjadi salah satu keterampilan abad ke-21 dan menekankan bahwa perlu untuk mendukung peserta didik dalam mengadopsi perilaku seperti itu (Allmond et al., 2016). Manfaat dari pengambilan risiko adalah meningkatkan partisipasi peserta

didik dalam pembelajaran sains, meningkatkan kepercayaan diri pada guru tentang mengajar sains, dan meningkatkan hubungan guru secara kolaboratif (Radloff et al., 2019). Penelitian yang dilakukan di tingkat sekolah menengah menyatakan bahwa hubungan yang relatif rendah antara tingkat kecemasan tes dan perilaku pengambilan risiko intelektual (Bal-Incebacak et al., 2019). Penelitian lain menyatakan hubungan antara *intellectual risk-taking behavior* dengan tingkat keberhasilan dalam ilmu sains dimana peserta didik cenderung berani mengambil risiko ketika peserta didik berhasil dalam bidang akademik (Meyer et al., 1997; Tay et al., 2009). Penelitian lain menemukan hubungan pengambilan risiko intelektual dengan beberapa variabel, antara lain motivasi, minat, dan efikasi diri serta sukses dalam bidang akademik (Akdag et al., 2017; Beghetto, 2009).

Perilaku seseorang dapat diubah dengan melakukan intervensi (Ma & Bateson, 1999). Hal yang sama dinyatakan oleh Hong (2010), yang melakukan intervensi melalui penerapan strategi pengajaran yang inovatif kepada peserta didik, sehingga peserta didik berhasil mengikuti pembelajaran secara efektif (Hong, 2010).

#### **f. Model mental**

Model teori representasi visual dengan DCT telah memunculkan beberapa hasil penelitian pengembangan model mental peserta didik. Istilah model mental banyak digunakan oleh para peneliti bidang psikologi kognitif, namun akhir-akhir ini istilah itu banyak juga dipakai oleh para peneliti bidang pendidikan, terutama dalam penelitian sains (fisika, kimia, dan biologi) dan matematika. Menurut Johnson-Laird (Solaz-Portolés & Lopez, 2007) seorang pakar psikologi kognitif mendefinisikan model mental dalam upayanya untuk menjelaskan proses-proses penalaran seseorang dalam mengerjakan tugas silogisme dan membentuk representasi internal berupa model mental dalam suatu memori kerja (MK) tentang dunia, dan mengombinasikan informasi yang telah tersimpan dalam memori jangka panjang (LTM) dengan informasi yang ada pada karakteristik dari tugas, kemudian diekstrak oleh proses-proses perseptual dalam memori.

Beberapa penelitian tentang interaksi model mental dengan sistem dunia fisik menyatakan bahwa seseorang membentuk representasi dalam MK dengan cara mengombinasikan pengetahuan yang tersimpan dalam LTM dan informasi tersebut selanjutnya diekstrak oleh proses perseptual dari karakteristik tugas yang diberikan (Cañas et al., 2001). Dengan demikian terdapat dua penggunaan istilah model mental oleh para peneliti. Beberapa peneliti mendefinisikan model mental adalah suatu representasi yang tersimpan dalam MK, sedangkan penelitian lainnya lebih cenderung menggunakan istilah model mental untuk pengetahuan yang tersimpan dalam LTM (Cañas et al., 2001; Solaz-Portolés & Lopez, 2007). Oleh sebab itu, dalam menghadapi dua persoalan definisi model mental tersebut, kita perlu memosisikan diri dengan mengombinasikan dua definisi tersebut, yaitu model mental merupakan representasi dinamik yang terbentuk di dalam MK dan dikombinasikan dengan informasi yang tersimpan dalam LTM dan informasi yang diekstrak dari lingkungan atau tugas (Cañas et al., 2001). Dengan demikian fungsi model mental adalah untuk mensimulasikan realitas dalam MK.

Senge (2007; 13) mendefinisikan model mental merupakan *image* (gambaran) internal yang dipegang teguh tentang bagaimana dunia bekerja, gambaran yang membatasi kita untuk berpikir dan bertindak. Sangat sering terjadi, kita tidak menyadari adanya model mental atau pengaruh-pengaruhnya terhadap perilaku kita.

Sunyono mendefinisikan model mental dalam pembelajaran sebagai model yang diekspresikan oleh peserta didik terhadap konsep-konsep materi pelajaran yang telah dipelajari sebagai respon terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diajukan (Sunyono et al., 2015), dan Bower & Morrow mendefinisikan model mental dalam pernyataan berikut: “kita membangun model yang mewakili aspek-aspek signifikan dunia fisik dan sosial kita, dan kita memanipulasi unsur-unsur model tersebut ketika kita berpikir, membuat rencana, dan mencoba menjelaskan kejadian-kejadian di dunia tersebut” (Strickland et al., 2010).

“Model mental individu adalah konstruksi pengetahuan yang kompleks yang mewakili pengalaman seseorang mengenai fenomena tertentu. Konstruksi model mental tidak terbatas pada objek berwujud, fenomenanya mungkin sama

abstraknya dengan gagasan benar dan salah” (Bower & Morrow dalam (Strickland et al., 2010).

Jadi model mental individual merupakan konstruk pengetahuan rumit yang mewakili pengalaman seseorang terkait fenomena tertentu dan pembangunan model mental tersebut tidak terbatas kepada obyek kasat mata; fenomena tersebut mungkin sama abstraknya dengan istilah “benar” dan “salah.” Dengan demikian, konstruksi model mental adalah inti dari suatu pembelajaran bermakna, dimana dalam memahami dan menalar bagaimana suatu sistem bekerja, seseorang individu perlu menyusun suatu model mental di otaknya terhadap sistem yang dihadapinya tersebut. Dalam hal ini, individu tersebut akan membangun jaringan konsep-konsep terkait dan memahami hubungan fungsional dari sejumlah aspek dan tingkatan yang berbeda dari sistem tersebut (Abdullah, 2009).

Model mental dapat digambarkan sebagai model konseptual, representasi mental, gambaran mental, representasi internal, proses mental, suatu konstruksi yang tidak dapat diamati, dan representasi kognitif pribadi (Chittleborough, et al., 2007; Chittleborough & Treagust, 2008). Model mental tersebut dibangun dari pengetahuan terhadap pengalaman sebelumnya, segmentasi skema, persepsi, dan strategi *problem solving*. Sebuah model mental mengandung informasi yang minimal, tidak stabil, dan merupakan subyek yang dinamis (berubah), serta digunakan untuk pengambilan keputusan dalam keadaan tertentu. Seseorang harus dapat melatih tindakan-tindakan sebagai akibat dari suatu perubahan keadaan secara mental (Greca & Moreira, 2000). Dalam hal ini, para pakar psikologi kognitif seringkali menggunakan kajian akademik tentang model mental untuk memperoleh informasi tentang proses-proses berpikir, terutama dalam menyelesaikan masalah. Seseorang yang mengalami kesulitan dalam membangun model mentalnya menyebabkan orang tersebut akan mengalami kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikirnya, sehingga tidak mampu melakukan pemecahan masalah dengan baik (Senge, 2007).

Berdasarkan uraian tentang model mental di atas, maka dapat dikatakan bahwa model mental adalah representasi instrinsik (representasi internal) dari suatu obyek, ide, atau proses yang dihasilkan oleh seseorang selama proses kognitif

berlangsung (Harrison & Treagust, 1998). Setiap orang menggunakan model-model mental ini untuk melakukan upaya memecahkan masalah melalui proses menalar, menjelaskan, memprediksi fenomena, atau menghasilkan model yang diekspresikan dalam berbagai bentuk (seperti diagram, gambar, grafik, simulasi atau pemodelan atau visualisasi, aljabar, matematis atau simbolik, bahkan juga deksripsi verbal dengan kata-kata atau tulisan cetak, dan lain-lain), kemudian dapat dikomunikasikan pada orang lain (Borges, 1999; Greca & Moreira, 2000). Sistem representasi yang ditampilkan secara verbal, aljabar, matematis atau simbolik, diagram/grafik/simulasi atau visualisasi tersebut merupakan hasil dari interaksi antara model mental dengan objek fisis.

Ketika seseorang berinteraksi dengan sistem fisis, maka orang tersebut akan menggunakan model mentalnya untuk menyelesaikan masalah dan produk dari interaksinya dapat berupa sistem representasi eksternal yang kemudian diterjemahkan ke dalam model mental. Dengan demikian, model mental seseorang dapat diakses melalui representasi yang ditampilkan dalam proses penyelesaian masalah. Oleh sebab itu, dalam mengkaji model mental, peneliti menggunakan model-model yang diekspresikan oleh responden yang diteliti, sehingga temuan penelitian tersebut merupakan interpretasi peneliti yang pemahamannya didasarkan pada model-model mental yang diekspresikan responden (Coll & Treagust, 2003).

Model mental dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa istilah. Coll & Treagust (2003) mengklasifikasikan model mental menjadi tiga istilah, yaitu model mental target, konsensus, dan alternatif. Menurut Coll & Treagust:

1. Model mental target adalah model mental yang bertahan melalui pengujian eksperimen, dipublikasikan pada literatur ilmiah serta diterima secara luas.
2. Model mental konsensus adalah model mental yang disepakati oleh para praktisi terhadap konsep ilmiah.
3. Model mental alternatif adalah model mental yang dimiliki oleh kebanyakan peserta didik, termasuk peserta didik yang hanya memiliki konsep sebagian atau memiliki konsep yang tidak dapat diterima secara keilmuan (miskonsepsi).

Klasifikasi tersebut mirip dengan klasifikasi yang dilakukan oleh Wang (2007). Dalam penelitiannya Wang mengklasifikasikan model mental ke dalam tiga kategori, yaitu:

1. Kemampuan model mental kategori rendah (*low*), yaitu model mental yang ditunjukkan dengan ketidakmampuan peserta didik dalam memahami visualisasi geometri molekul, karena kesulitan dalam melakukan interpretasi terhadap representasi visual, baik 2 dimensi (2D) maupun 3 dimensi (3D).
2. Kemampuan model mental sedang (*moderat*), yaitu model mental yang ditunjukkan dengan kemampuan peserta didik dalam memahami visualisasi 2 dimensi tetapi masih kesulitan dalam memahami visualisasi 3 dimensi atau sebagian saja visualisasi geometri molekul yang dapat dipahami.
3. Kemampuan model mental tinggi (*high*), yaitu model mental yang ditunjukkan dengan kemampuan peserta didik dalam melakukan interpretasi terhadap visualisasi 2 dimensi dan 3 dimensi tentang geometri molekul.

Model mental dapat diklasifikasikan menjadi 5 bagian (Park, 2006). Menurut Park bahwa model mental peserta didik merupakan bentuk perkembangan kognitif sebagai hasil dari pembelajaran. Model mental tersebut sangat dipengaruhi oleh struktur pembelajaran yang dilakukan oleh guru/dosen. Klasifikasi menurut Park adalah:

1. Model mental awal atau model yang belum terbentuk adalah model mental yang sudah dibawa oleh seseorang sejak lahir, atau mental yang terbentuk karena informasi dari lingkungan yang salah, atau konsep dan gambar struktur yang dibuat sama sekali tidak dapat diterima secara keilmuan, atau peserta didik sama sekali tidak memiliki konsep.
2. Model mental intermediet 1 adalah model mental yang sudah mulai terbentuk atau konsep dan penjelasan yang diberikan mendekati kebenaran keilmuan dan gambar struktur yang dibuat tidak dapat diterima atau sebaliknya.
3. Model mental intermediet 2 adalah model mental peserta didik yang ditandai dengan konsep yang dimiliki peserta didik dan gambar struktur yang dibuat mendekati kebenaran keilmuan.



4. Model mental intermediet 3 merupakan model mental yang dapat dikategorikan sebagai model mental konsensus, yaitu ditandai dengan penjelasan/konsep yang dimiliki peserta didik dapat diterima secara keilmuan dan gambar struktur yang dibuat mendekati kebenaran, atau sebaliknya penjelasan/konsep yang dimiliki belum dapat diterima dengan baik secara keilmuan, tetapi gambar struktur yang dibuat tepat.
5. Model mental target adalah model mental yang ditandai dengan konsep/penjelasan dan gambar struktur yang dibuat peserta didik tepat secara keilmuan.

Sejalan dengan Park, menurut Sunyono (2015) model mental diklasifikasikan ke dalam 5 kategori, yaitu : (1) buruk sekali atau model mental yang belum jelas, (2) buruk atau model mental intermediet 1, (3) sedang atau model mental intermediet 2 (moderat), (4) baik atau model mental intermediet 3 (konsensus), dan (5) baik sekali atau model mental target.

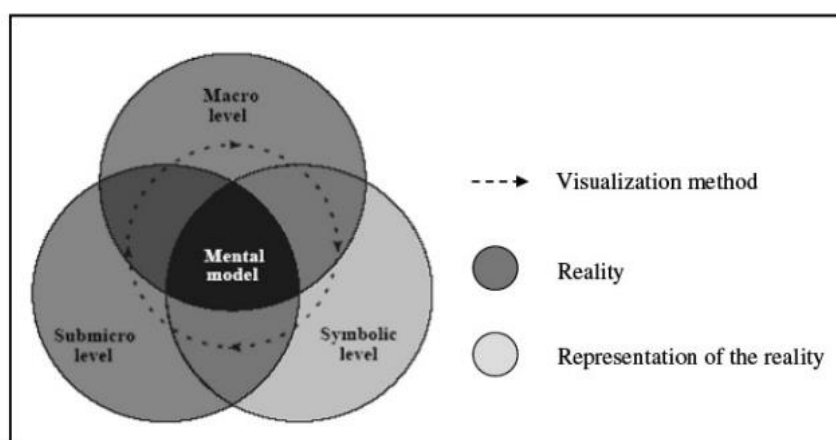
Klasifikasi yang dikemukakan oleh Park, et al. (2009); dan Sunyono (2015) dapat diekstrapolasikan ke dalam klasifikasi yang dikemukakan oleh Coll & Treagust (2003), yaitu model mental awal diidentikan dengan model mental yang belum terbentuk, model mental intermediet 1 dan 2 diidentikan dengan model mental alternatif, model mental intermediet 3 sebagai model mental konsensus, dan model mental target.

Instrumen yang umumnya digunakan oleh para peneliti untuk mengkaji model mental adalah instrumen tes soal pilihan ganda, soal *open-ended* (dengan gambar, grafik, simbol, yang disertai penjelasan), interviu yang sering dilengkapi dengan gambar, grafik, model konkrit, atau simbol, atau dapat berupa interviu dengan penyajian soal, atau observasi kelas (Chittleborough & Treagust, 2008; Jansoon et al., 2009; Schonborn & Anderson, 2009; Davidowitz et al., 2010; Eilam & Poyas, 2010; Strickland et al., 2010; Sunyono et al., 2015).

#### **g. Model Mental tentang Fenomena Kimia**

Hasil beberapa penelitian menyebutkan bahwa mayoritas peserta didik dan calon guru memiliki model mental yang sangat sederhana tentang level representasi

fenomena kimia. Dalam penelitiannya, Coll dan Treagust menemukan bahwa peserta didik lebih memilih model mental sederhana dalam menggambarkan ikatan logam, ikatan ion dan ikatan kovalen (Coll & Treagust, 2001). Penelitian lain juga menunjukkan hal yang sama, dimana peserta didik dan calon guru dalam pemahaman tentang larutan elektrolit dan non elektrolit, mayoritas memiliki model mental konseptual/rendah (Suja et al., 2021). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa model mental peserta didik cenderung konsisten, oleh karena itu model mental dapat dikembangkan ke arah mendekati kebenaran dalam merepresentasikan ketiga level representasi fenomena kimia. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan visualisasi yang cocok untuk satu topik pembelajaran. Dengan demikian, pengembangan model mental dalam pembelajaran perlu ditempuh melalui representasi tiga level pembelajaran sains, sebagaimana digambarkan oleh (Devetak et al., 2009) pada Gambar 2.7.

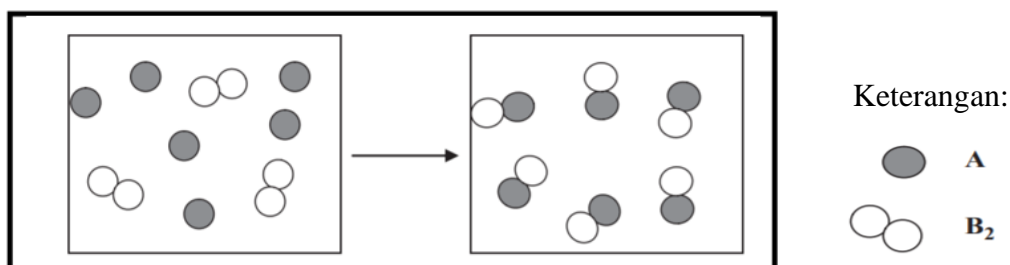


**Gambar 2. 7** Saling ketergantungan tiga level konsep sains (Devetak et al., 2009)

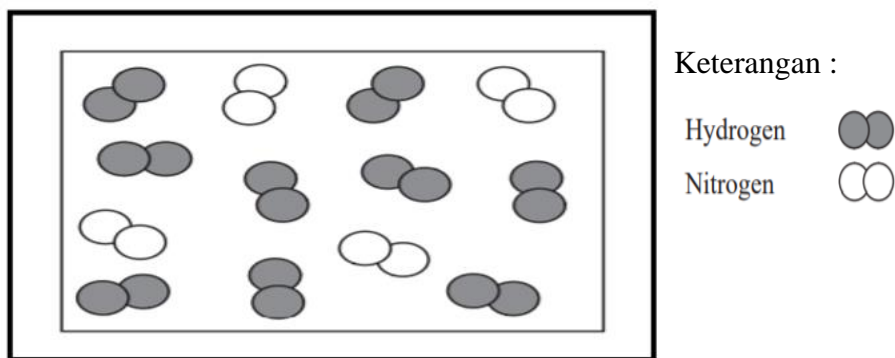
Berdasarkan penelitian terkini, jika sasaran mengajar kimia sebagai suatu proses penyelidikan atau untuk mengembangkan model mental, maka teori representasi *dual coding* dapat dijadikan argumen dalam menggunakan berbagai variasi representasi dalam konteks penyelidikan di laboratorium dan analisis visual, menggunakannya untuk mengajukan pertanyaan, merencanakan percobaan, melaksanakan prosedur, analisis data, dan menyajikan temuan. Dalam

pembelajaran *multiple representasi* kimia berdasarkan DCT, model mental peserta didik dapat dibangun melalui pemberian pertanyaan-pertanyaan yang menggiring peserta didik agar menggunakan metakognisinya dalam memecahkan masalah. Beberapa pertanyaan untuk topik stoikiometri dan struktur atom telah dicontohkan oleh Davidowitz, et al. (2010), Park (2006), dan Wang (2007), sebagaimana pada Gambar 2.8 dan 2.9.

Tuliskan persamaan reaksi seimbang dari Gambar 2.8!



**Gambar 2. 8** Diagram yang menunjukkan reaksi antara A dengan B<sub>2</sub>



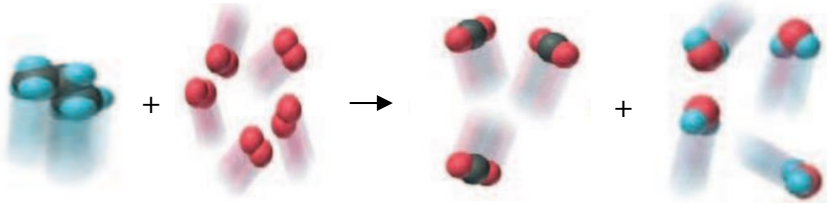
**Gambar 2. 9** Gambar pembentukan senyawa ammonia (NH<sub>3</sub>) dari reaksi yang terjadi antara Nitrogen (N<sub>2</sub>) dan Hidrogen (H<sub>2</sub>)

- Tuliskan persamaan reaksi yang seimbang untuk reaksi tersebut.
- Jelaskan unsur manakah yang menjadi reaktan pembatas dalam reaksi ini.
- Hitunglah berapa banyak mol produk yang terbentuk dalam reaksi tersebut.

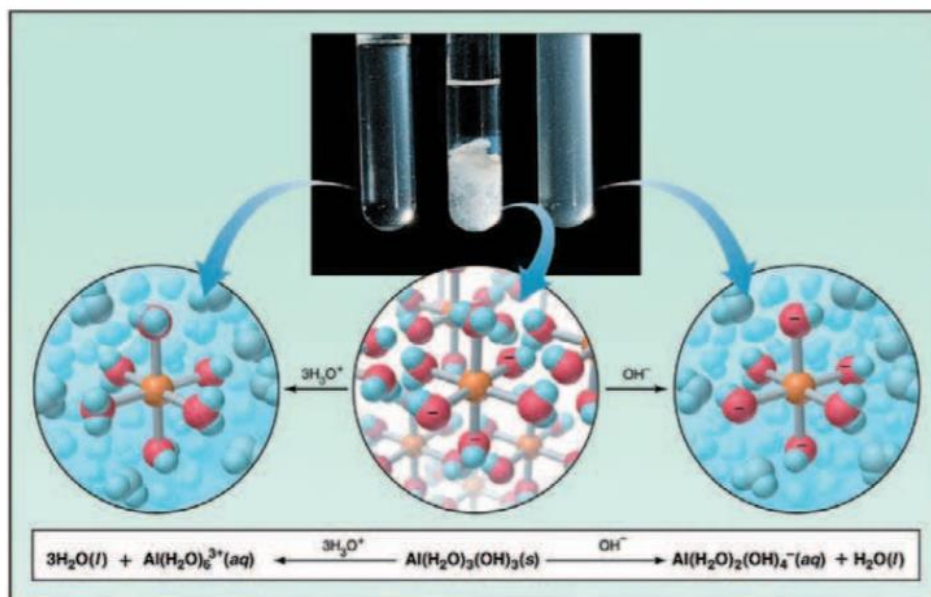
Dalam buku buku teks juga telah banyak memberikan gambar-gambar dan diagram-diagram untuk menggambarkan ketiga level representasi fenomena kimia.

Gambar-gambar atau diagram-diagram tersebut masih sulit dipahami oleh peserta didik dalam mempresentasikan level submikroskopis. Sebagai contoh; Silberberg, seorang penulis buku teks “*Chemistry: The molecular nature of matter and change*, edisi ke-5, hal. 110,” telah memasukan gambar visual yang berisi informasi yang terkandung dalam persamaan yang seimbang (Tabel 2.2). Tabel tersebut dimaksudkan untuk melatih model mental peserta didik dalam memahami fenomena submikroskopis (Silberberg, 2010).

**Tabel 2. 2** Informasi yang terkandung dalam persamaan yang seimbang

<b>Fokus yang diamati</b>	<b>Reaktan</b>	<b>→ Produk</b>
	$C_3H_8(g) + 5O_2(g)$	$3CO_2(g) + 4H_2O(g)$
Molekul	1 molekul $C_3H_8$ + 5 molekul $O_2$	3 molekul $CO_2$ + 4 molekul $H_2O$
		
Jumlah (mol)	1 mol $C_3H_8$ + 5 mol $O_2$	→ 3 mol $CO_2$ + 4 mol $H_2O$
Massa (sma)	44,09 sma $C_3H_8$ + 160,00 sma $O_2$	→ 132,03 sma $CO_2$ + 72,06 sma $H_2O$
Massa (g)	44,09 g $C_3H_8$ + 160,00 g $O_2$	→ 132,03 g $CO_2$ + 72,06 g $H_2O$
Massa total (g)	204,09 g	→ 204,09 g

Lebih lanjut Silberberg, penulis buku teks “*Chemistry: The molecular nature of matter and change*, edisi 4, memberikan salah contoh ilustrasi pemahaman peserta didik terhadap tiga level representasi fenomena kimia terhadap pandangan mereka tentang level makroskopis dan submikroskopis, sehingga memudahkan peserta didik untuk menghubungkan level satu dengan yang lainnya melalui persamaan kimia yang menggambarkan proses kimia dalam simbol (Silberberg, 2010). Gambar 2.10 memberikan ilustrasi tiga level representasi fenomena kimia.



**Gambar 2. 10** Ilustrasi tiga level representasi fenomena kimia (Silbergberg, 2010)

Berdasarkan kajian literatur di atas, pembelajaran pada topik ikatan kimia yang melibatkan interkoneksi level-level makro – submikro – simbolik dapat membantu peserta didik dalam memahami dan menalar konsep tersebut. Terlebih lagi topik ikatan kimia yang cukup banyak memuat konsep-konsep abstrak, seperti yang dikemukakan peneliti (Muljana et al., 2020) yang menjelaskan bahwa konsep ikatan kimia bersifat abstrak dan dirasakan cukup sulit, meskipun ikatan kimia adalah konsep dasar yang diperlukan untuk memahami topik kimia lainnya, sehingga perlu menciptakan intervensi pembelajaran yang dapat menarik minat peserta didik dalam pembelajaran kimia.

Berkaitan dengan hal tersebut, dalam meningkatkan model mental peserta didik sangat dimungkinkan dilakukan melalui pembelajaran yang menekankan pada transformasi ketiga level representasi fenomena kimia sebagaimana dikemukakan oleh (Coll & Treagust, 2001; Davidowitz et al., 2010; Sunyono et al., 2015), dan dengan melakukan pendekatan baru melalui representasi tetrahedral yang dilaporkan oleh Mahaffy (Mahaffy, 2006; Indriyanti et al., 2020).

Sunyono menjelaskan bahwa model pembelajaran *SiMaYang* lebih efektif dalam membangun model mental dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional (Sunyono et al., 2015). Model pembelajaran *SiMaYang* merupakan model pembelajaran sains yang menghubungkan tiga level representasi fenomena kimia, yaitu: makroskopis, submikroskopis, dan simbolik. Model pembelajaran *SiMaYang* yang dikembangkan Sunyono (2013), dilakukan dengan cara mengintegrasikan faktor interaksi dari teori Schonborn (Schonborn & Anderson, 2009) ke dalam kerangka IF-SO yang dikemukakan oleh Waldrip (2010).

Berdasarkan hasil penelitian Sunyono et al., (2015), dikatakan bahwa model mental dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan strategi pembelajaran dan juga membentuk pemahaman konsep bermakna. Membangun pemahaman konsep yang lebih bermakna membutuhkan pengembangan model mental dan desain pembelajaran untuk menghasilkan keterampilan penalaran yang sistematis. Model pembelajaran yang mampu mengembangkan model mental peserta didik menjadi “baik” dan “sangat baik” melibatkan integrasi tiga level representasi fenomena kimia (makro, submikro, dan simbolik) melalui strategi kolaboratif, kooperatif, dan imajinatif.

#### **h. Kemampuan awal**

Para ahli dalam mendesain pembelajaran telah mengisyaratkan bahwa rancangan pembelajaran dikatakan baik jika kemampuan awal peserta didik menjadi sasaran dalam desainnya. Teori pemrosesan informasi menyebutkan bahwa informasi dari dunia sekitar merupakan masukan bagi sistem kognisi. Kognisi manusia dikonsepsikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari tiga bagian, yaitu masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Tingkah laku awal dapat dikatakan sebagai titik awal dalam proses kognisi agar dapat berakhir dengan suatu pengeluaran. Dengan demikian kemampuan awal merupakan salah satu ciri atau karakteristik yang menjadi perhatian para perancang pembelajaran dalam membuat pembelajaran agar proses pembelajaran dapat berjalan efektif sesuai dengan tujuan pembelajaran. Menurut Bloom kemampuan awal berkaitan dengan berbagai tipe pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi yang dipersyaratkan (*pre-requisite*),

yang esensial untuk mempelajari tugas yang baru. Kemampuan adalah kesanggupan, kecakapan, kekuatan seseorang dalam hal berusaha untuk dirinya sendiri. Kemampuan awal merupakan dasar seseorang yang dengan dirinya sendiri berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan secara efektif atau sangat berhasil (Sinaga & Hadiati, 2001). Kemampuan awal adalah kemampuan yang diharapkan dapat dikuasai peserta didik sebelum mempelajari konsep baru yang berkaitan dengan konsep sebelumnya. Peserta didik yang telah memiliki kemampuan awal yang baik tidak mengalami kesulitan dalam mempelajari materi selanjutnya (Widayati, 2018).

Kemampuan awal merupakan kemampuan yang dimiliki oleh peserta didik sebelum pembelajaran dimulai. Guru dapat mengetahui apakah peserta didik dapat menerima materi yang akan diajarkan sebelum pembelajaran dimulai dengan menerima informasi tentang kemampuan awal. Kemampuan awal akan menjadi dasar untuk menerima pengetahuan baru melalui materi-materi yang akan diajarkan guru (Yusuf, 2011; Budiningsih, 2005). Kemampuan awal merupakan prasyarat awal untuk mengetahui adanya perubahan (Rebber dalam muhibin syah, 2006). Istilah lain dari kemampuan awal adalah *prior knowledge* (PK), yang merupakan hal penting dalam proses pembelajaran. PK merupakan salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi pengalaman belajar peserta didik. Dengan demikian kemampuan awal adalah salah satu prasyarat sebelum memulai pembelajaran yang membutuhkan pemahaman ke tingkat yang lebih tinggi.

Menurut TIMSS 2015 peserta didik di Indonesia masih lemah dalam kecakapan kognitif tingkat tinggi seperti menalar, menganalisa, mengevaluasi sehingga kemampuan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah. Kemampuan awal dan kesiapan peserta didik di Indonesia untuk belajar sudah cukup baik namun masih berada di level rendah. Pembelajaran *inquiry* terbimbing dan *discovery* terbimbing berbasis penemuan, untuk menemukan konsep pembelajaran dengan cara berdiskusi dan bimbingan guru selalu mengalami kendala karena peserta didik tidak memiliki kemampuan awal yang cukup untuk memahami materi (Widayati, 2018). Menurut Winkel (1995) setiap proses pembelajaran mempunyai titik tolak tersendiri pada kemampuan awal peserta didik untuk dikembangkan menjadi kemampuan baru sesuai dengan tujuan instruksional.

Oleh karena itu pada awal proses pembelajaran kondisi peserta didik (kemampuan awal) mempunyai relevansi terhadap penentuan, perumusan, dan pencapaian tujuan instruksional.

Pengetahuan dan kemampuan dasar baru membutuhkan pengetahuan sebelumnya dan kemampuan yang lebih rendah dari kemampuan baru tersebut. Tidak semua aspek dari kemampuan awal yang dimiliki peserta didik pada awal pembelajaran berpengaruh terhadap tujuan pembelajaran. Peserta didik yang mempunyai kemampuan awal tinggi dan sesuai dengan tujuan kompetensi akan lebih mudah menerima dan memahami pembelajaran. Hal ini dikarenakan pengetahuan kemampuan baru membutuhkan pengetahuan sebelumnya yang lebih rendah tingkatannya. Kemampuan awal peserta didik dapat diketahui dengan cara tes prasyarat atau menggunakan nilai peserta didik pada materi sebelumnya.

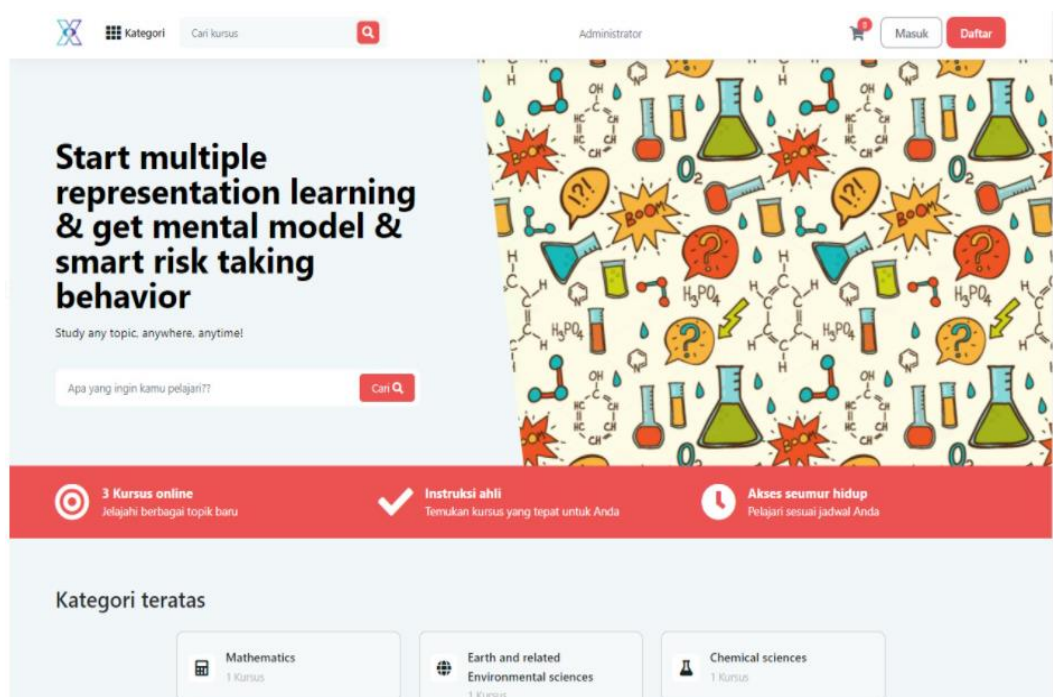
#### **i. Media Pembelajaran *EXE Mode***

Kata media berasal dari bahasa Latin, yakni *medius* yang berarti “tengah”, “pengantar” atau “parantara”. Dalam bahasa Arab, pengertian media disebut “wasail” yang merupakan sinonim dari kata *al-wasth* yang artinya “tengah”. Karena posisinya berada ditengah ia bisa disebut sebagai pengantar atau penghubung, yaitu yang mengantarkan atau menghubungkan atau menyalurkan sesuatu hal dari satu sisi ke sisi lainnya (Muniadi, 2008). Berdasarkan pengertian media sebagai suatu perantara, maka film, televisi, foto, gambar dan sejenisnya dapat dikatakan sebagai media komunikasi dan informasi. Apabila media-media tersebut dapat menyampaikan informasi dan pesan-pesan yang sifatnya instruksional serta mengandung tujuan-tujuan pembelajaran maka media tersebut diartikan sebagai media pembelajaran (Arsyad, 2011).

*EXE Mode* merupakan salah satu perangkat aplikasi teknologi informasi yang dapat dipergunakan untuk media pembelajaran *SiMaEXE*. Aplikasi *EXE Mode* dibuat dan disusun secara hierarki yang benar mencakup topik, section, dan unit. Penggunaan aplikasi *EXE Mode* lebih diutamakan kepada pembelajaran yang membutuhkan penalaran dan imajinasi terhadap materi-materi yang bersifat abstrak atau sulit dipahami. Berbagai jenis representasi bisa dimasukkan ke dalam aplikasi



*EXE Mode* sesuai dengan kebutuhan guru dalam menyajikan materi yang akan diajarkan baik berupa teks, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi, animasi, video, *website*, dan lain-lain. Aplikasi *EXE Mode* dibuat untuk membantu guru dan peserta didik dalam pembelajaran baik di sekolah maupun di luar sekolah. *EXE Mode* dibuat dalam format *hybrid learning* atau *flipped classroom learning*, yang artinya penggunaannya dapat dilakukan secara *offline* (tatap muka) maupun *online* (PJJ). Aplikasi *EXE Mode* dapat diperoleh dengan mudah oleh guru dan peserta didik melalui *website* [www.simaexe.com](http://www.simaexe.com) yang dapat dibeli melalui media *ecommerce*. Tutorial penggunaan aplikasi *EXE Mode* dapat dilihat pada buku model. Tampilan aplikasi *EXE Mode* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2. 11** Tampilan aplikasi *EXE Mode* untuk pembelajaran multiple

Dalam *EXE Mode* juga dapat dibuat soal dengan tipe pilihan ganda, jawaban singkat, benar-salah, dan kuis sehingga dapat dipergunakan untuk uji kompetensi peserta didik. Aplikasi *EXE Mode* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk sistem pembelajaran yang menggunakan komputer, laptop, dan android.

Penggunaan media komputer, laptop, dan android dapat dirancang dan dimanfaatkan dalam: (1) bentuk belajar model (*drill and practice*), peserta didik akan belajar melalui latihan yang diulang-ulang, sehingga peserta didik dapat meningkatkan kemampuan dan keterampilan tertentu, (2) bentuk pembelajaran tutorial (*tutorial*), yaitu bentuk belajar yang diberikan dengan sistem modul, aplikasi ini akan menampilkan informasi baru yang perlu diketahui dan dipahami serta direspon oleh peserta didik, (3) bentuk belajar permainan (*games*), yang melibatkan peserta didik belajar dalam bentuk permainan, (4) bentuk belajar simulasi (*simulations*), yaitu bentuk belajar kenyataan dan dapat dilihat secara nyata melalui layar monitor, (5) *discovery* yaitu bentuk belajar penemuan, dan (6) *problem solving* yaitu pembelajaran yang mengedepankan masalah dan melatih kemampuan peserta didik memecahkan masalah dan mencari solusinya melalui diskusi.

Pada aplikasi *EXE Mode*, materi ajar dikemas dalam bentuk tutorial sesuai dengan sintak pembelajaran *SiMaEXE* yang dibagi dalam tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan (konstruksi), bagian inti (adaptasi-elaborasi), dan bagian penutup (konfirmasi dan evaluasi). Pada bagian konstruksi, akan diberikan pengenalan materi yang akan diajarkan dan informasi-informasi sesuai kebutuhan, bagian ini dapat dilakukan secara *online*. Pada bagian inti, yaitu adaptasi-elaborasi akan diberikan materi-materi berupa konten dalam bentuk verbal dan *nonverbal*, dan bisa dilakukan pembelajaran secara *offline* dan *online* (*sinkronous* dan *asinkronous*). Materi-materi dalam kegiatan inti dapat diberikan dalam bentuk bahan ajar yang disediakan guru, juga dapat diberikan materi khusus melalui *website* sesuai dengan konten pembelajaran. Pada bagian konfirmasi dan evaluasi peserta didik diajak untuk melakukan *flashback* dan memberikan *feedback* dalam bentuk pernyataan dan latihan soal. Model latihan soal dapat dilakukan secara *offline* maupun *online* (bekerja di rumah atau tugas rumah) sesuai dengan waktu yang telah *disetting* oleh guru. Keseluruhan dari kegiatan pembelajaran melalui *EXE Mode* akan diukur berdasarkan persentase keterlaksanaan pembelajaran, jika keterlaksanaan proses pembelajaran 100% maka peserta didik akan diberikan *reward* berupa sertifikat yang akan dikeluarkan melalui aplikasi *EXE Mode*.

Bentuk soal dan latihan dalam aplikasi *EXE Mode* dirancang berupa pilihan ganda dengan option (a); (b); (c); dan (d). Pada saat peserta didik mengerjakan soal akan disertai dengan penjelasan dari setiap jawaban yang dipilih peserta didik. Pada saat peserta didik memilih salah satu jawaban yang menurut peserta didik adalah jawaban yang benar, akan muncul *feedback* dari jawaban tersebut. Jawaban yang tepat misalnya jawaban yang dipilih adalah (a), maka *feedback* akan tertera pernyataan “benar” disertai penjelasan cara penyelesaian soal, dan bila jawaban yang dipilih misalnya adalah (b), maka *feedback* akan tertera pernyataan “salah” disertai alasan mengapa jawaban tersebut tidak tepat. Dengan demikian peserta didik belajar dari penjelasan pada pilihan jawaban yang tersedia, peserta didik menjadi mengulang kembali materi yang telah disajikan sebelumnya pada uraian materi dan dijelaskan kembali pada setiap *feedback* jawaban.

## **j. Model pembelajaran**

### **1) Komponen model pembelajaran**

Menurut Joyce dan Weil (2007), model pembelajaran adalah suatu perencanaan atau suatu pola yang digunakan sebagai pedoman dalam memecahkan masalah pembelajaran yang tidak hanya dimaksudkan untuk mencapai berbagai tujuan kurikulum, tetapi juga untuk membantu peserta didik dalam mencapai penguasaan informasi dan keterampilan. Lebih lanjut dikatakan bahwa setiap model pembelajaran mengarahkan kita dalam mendesain pembelajaran untuk membantu peserta didik, sedemikian sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai.

Model pembelajaran yang baik, menurut Joyce dan Weil (2003), harus memiliki 5 (lima) komponen utama, yaitu:

#### **1. Sintak**

Sintak suatu model menunjukkan keseluruhan alur atau urutan kegiatan yang diperlukan dalam kegiatan belajar mengajar. Sintak ini menentukan jenis-jenis kegiatan guru/dosen dan dikerjakan oleh peserta didik, serta tugas-tugas yang harus diberikan oleh guru/dosen dan dikerjakan oleh peserta didik. Sintak

dideskripsikan dalam urutan aktivitas yang disebut tahap/fase. Setiap model memiliki alur tahap yang berbeda-beda.

2. Sistem sosial

Sistem sosial menyatakan peran dan hubungan antara guru/dosen dan peserta didik, dan jenis-jenis norma (aturan) yang dianjurkan. Peran kepemimpinan guru/dosen dalam setiap model pembelajaran berbeda-beda.

3. Prinsip reaksi

Prinsip reaksi berkaitan dengan bagaimana guru/dosen memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, termasuk guru/dosen memberikan respon terhadap pertanyaan, jawaban, tanggapan, atau apa yang dilakukan oleh peserta didik.

4. Sistem pendukung

Sistem pendukung suatu model pembelajaran adalah semua sarana, bahan, dan alat yang diperlukan untuk menerapkan model tersebut.

5. Dampak instruksional dan dampak pengiring

Dampak instruksional merupakan hasil belajar yang dicapai langsung dengan mengarahkan peserta didik pada tujuan yang diharapkan. Dampak pengiring merupakan hasil belajar lainnya yang dihasilkan melalui suatu proses belajar dan mengajar (PBM) sebagai akibat terciptanya suasana belajar yang dialami langsung oleh peserta didik tanpa pengarahan dari guru/dosen.

Arends (1997) menyebutkan ada 4 (empat) ciri khusus dari model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran, yaitu:

1. Rasional teoretik yang logis dari perancangannya.
2. Tujuan pembelajaran dari model yang dikembangkan.
3. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar pembelajaran dapat terlaksana.
4. Lingkungan belajar yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran.

Berdasarkan definisi dan komponen yang harus ada dalam model pembelajaran, maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran merupakan suatu pola yang digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran, termasuk di dalamnya tujuan pembelajaran, fase-fase

(tahap-tahap) dalam kegiatan pembelajaran, lingkungan pembelajaran, dan pengelolaan pembelajaran di kelas.

Menurut Nieveen (2007) model pembelajaran yang baik harus memenuhi syarat berikut:

- a. **Validitas:** Validitas model dapat diuji dengan melakukan uji validitas isi oleh para ahli yang mencerminkan rasional teoretik. Validitas model, juga harus memenuhi validitas konstruk, yaitu apakah semua komponen dalam model secara konsisten saling berkaitan?
- b. **Kepraktisan:** Kepraktisan suatu model pembelajaran merupakan salah satu kriteria kualitas model yang ditinjau dari hasil penelitian pengamat berdasarkan pengamatannya selama pelaksanaan pembelajaran berlangsung. Kepraktisan mengacu pada sejauh mana bahwa pengguna (atau ahli lain) mempertimbangkan intervensi yang dikembangkan dapat digunakan dan disukai dalam kondisi normal (Plomp & Nieveen, 2007). Model pembelajaran yang dikembangkan dikatakan praktis jika para ahli dan praktisi menyatakan bahwa secara teoretis model dapat diterapkan di lapangan dan tingkat keterlaksanaannya termasuk kategori “tinggi,” serta peserta didik memberikan respon yang positif (Akker, 1999; 10). Keterlaksanaan model dalam pelaksanaan pembelajaran dapat ditinjau dari keterlaksanaan sintak, keterlaksanaan sistem sosial, dan keterlaksanaan prinsip reaksi.
- c. **Efektivitas:** Efektivitas model pembelajaran sangat terkait dengan pencapaian tujuan pembelajaran. Menurut Eggen dan Kauchack (dalam Ratumanan, 2003) bahwa model pembelajaran dikatakan efektif bila peserta didik dilibatkan secara aktif dalam mengorganisasi dan menemukan hubungan dan informasi-informasi yang diberikan, dan tidak hanya secara pasif menerima pengetahuan dari guru/dosen. Efektivitas diukur melalui tes dan kemudahan orang lain menggunakannya (Plomp & Nieveen, 2007). Indikator efektivitas meliputi:
  - 1) Pencapaian ketuntasan belajar peserta didik (klasikal).
  - 2) Pencapaian kemampuan guru/dosen dalam mengelola pembelajaran.
  - 3) Aktivitas peserta didik dalam pembelajaran.

## 2) Model pembelajaran kimia *SiMaYang*

Pembelajaran dan pemahaman konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak dan menginterkoneksi tiga level representasi fenomena kimia (makroskopis, submikroskopis, simbolik), telah dikembangkan oleh Sunyono (Sunyono, 2015) dengan prinsip *multiple representasi*, yaitu melalui model pembelajaran *SiMaYang* dengan memasukan 7 (tujuh) konsep dasar yang mempengaruhi kemampuan peserta didik untuk mempresentasikan fenomena kimia (Anderson, 2009) ke dalam kerangka pembelajaran IF-SO (Waldrip, 2010).

Kelebihan dari model *SiMaYang* terletak pada fase eksplorasi-imajinasi, dimana pada fase ini peserta didik dituntut untuk kreatif dalam mengasah kemampuan imajinasinya untuk bernalar dan memahami fenomena kimia yang bersifat abstrak. Model *SiMaYang* mampu menciptakan lingkungan belajar yang kaya akan aktivitas pembelajaran, dan merupakan pembelajaran yang menyenangkan sehingga mampu meningkatkan kualitas pembelajaran (Sunyono et al., 2015). Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa pembelajaran menggunakan model *SiMaYang* dapat meningkatkan kemampuan metakognisi, efikasi diri, dan keterampilan proses sains peserta didik (Suyanti et al., 2016); (Wahyudienie et al., 2018). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model mental berupa imajinasi dan kemampuan bernalar dalam proses pembelajaran kimia dapat meningkatkan kemampuan metakognisi, efikasi diri, dan keterampilan proses sains peserta didik.

Disamping itu, model pembelajaran *SiMaYang* juga memiliki keterbatasan, yaitu: (1) hanya mampu membentuk model mental dengan kategori sedang dan baik, namun model mental dengan kategori model mental target hanya berkisar 10% - 25% saja, (2) sarana dan infrastruktur yang dibutuhkan harus memadai seperti listrik, fasilitas internet, dan komputer, (3) ketersediaan fasilitas jaringan internet dengan kapasitas dan kecepatan yang memadai, (4) peserta didik dan guru harus memiliki kemampuan IT yang baik, dan (5) membutuhkan waktu yang cukup lama dalam menyiapkan perangkat pembelajaran (Sunyono, 2015).

Sebagaimana telah diuraikan bahwa model pembelajaran *SiMaYang* memiliki 4 (empat) sintak pembelajaran dengan mengintegrasikan 7 (tujuh) konsep

dasar kemampuan peserta didik yang dikembangkan oleh Shonborn dan Anderson (2009) ke dalam kerangka IF-SO yang dikembangkan oleh Waldrup (2010). Pada sintak pertama, yaitu orientasi, faktor utama R, C, dan M diintegrasikan ke dalam faktor domain (materi, dosen, dan peserta didik untuk melakukan konsep-konsep kunci dalam pembelajaran (I), dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan awal konseptual, tingkat penalaran, dan pemahaman terhadap mode representasi peserta didik. Pada sintak kedua, yaitu eksplorasi-imajinasi, faktor interaksi R - C dan C - M diintegrasikan dengan isu F (fokus pada bentuk-bentuk dan fungsi dari konsep kunci) untuk menyusun tahap eksplorasi konseptual dengan penelusuran informasi melalui buku teks, *webpage/weblog*, eksperimen/demonstrasi, diskusi, maupun mengamati animasi/simulasi. Faktor integrasi R - M dan C - R - M dengan isu S digunakan untuk menyusun tahap imajinasi representasi, dimana pada tahap imajinasi diperlukan untuk melakukan pembayangan mental terhadap fenomena submikroskopis sehingga dapat membantu peserta didik dalam mentransformasikan ke level makroskopis atau simbolik atau sebaliknya melalui berbagai representasi. Pada sintak ketiga, yaitu internalisasi dengan mengintegrasikan R -M dan C - R - M dengan isu O, dimana tahap ini merupakan tahap untuk melihat kemajuan kemampuan peserta didik dalam melakukan interpretasi dan transformasi fenomena-fenomena kimia melalui berbagai representasi, terutama fenomena submikroskopis. Sintak keempat, yaitu evaluasi, dengan mengintegrasikan faktor interaksi R - C, C - M, R - M, dan C - R - M dengan isu O. Tahap evaluasi merupakan tahap untuk mendapatkan umpan balik selama proses pembelajaran.

Tabel 2.3 menjelaskan tahapan dalam sintak model pembelajaran *SiMaYang*, yaitu: (1) orientasi, (2) eksplorasi-imajinasi, (3) internalisasi, dan (4) evaluasi.

**Tabel 2. 3** Sintak pembelajaran model *SiMaYang*

Fase (1)	Aktivitas Guru (2)	Aktivitas Peserta didik (3)
<b>Fase I: Orientasi</b>	1. Menyampaikan tujuan pembelajaran. 2. Memberikan motivasi dengan berbagai fenomena kimia terkait dengan pengalaman peserta didik.	1. Menyimak, memberikan tanggapan, dan menjawab pertanyaan.
<b>Fase II: Eksplorasi- Imajinasi</b>	1. Mengenalkan konsep kimia dengan memberikan beberapa abstraksi yang berbeda, mengenai fenomena kimia (seperti perubahan wujud zat, perubahan kimia, dan sebagainya) secara verbal atau dengan demonstrasi dan juga menggunakan visualisasi : gambar, grafik, atau simulasi, atau animasi, dan atau analogi dengan melibatkan peserta didik untuk menyimak dan bertanya jawab. 2. Memberikan bimbingan pada peserta didik untuk melakukan imajinasi representasi terhadap fenomena kimia yang sedang dihadapi secara kolaboratif (berdiskusi). 3. Mendorong dan memfasilitasi diskusi peserta didik dalam meningkatkan model mental dalam membuat interkoneksi diantara level-level representasi fenomena kimia yang lain, yaitu dengan membuat transformasi dari level representasi fenomena kimia yang satu ke level representasi fenomena kimia yang lain, dengan menuangkannya ke dalam lembar kegiatan peserta didik.	1. Menyimak, dan bertanya jawab dengan guru tentang fenomena kimia yang sedang diperkenalkan. 2. Melakukan penelusuran informasi melalui <i>webpage/weblog</i> dan/atau buku teks. 3. Bekerja dalam kelompok untuk melakukan imajinasi terhadap fenomena kimia yang diberikan melalui LKPD. 4. Berdiskusi dengan teman dalam kelompok dalam melakukan latihan imajinasi representasi dibawah bimbingan guru.
<b>Fase III: Internalisasi</b>	1. Membimbing dan memfasilitasi peserta didik dalam mengartikulasi/mengomunikasikan hasil pemikirannya melalui presentasi hasil kerja kelompok. 2. Memberikan dorongan kepada peserta didik lain untuk memberikan komentar atau menanggapi hasil kerja dari kelompok peserta didik yang sedang presentasi. 3. Memberikan latihan atau tugas untuk menciptakan aktivitas individu dalam mengartikulasikan imajinasinya. Latihan individu tertuang dalam lembar kegiatan peserta didik/LKPD yang berisi pertanyaan dan/atau perintah	1. Perwakilan kelompok mengambil nomor undian untuk presentasi. 2. Perwakilan kelompok melakukan presentasi terhadap hasil kerja kelompok. 3. Memberikan tanggapan/pertanyaan terhadap kelompok yang sedang presentasi dan berdiskusi secara panel dimoderatori guru.



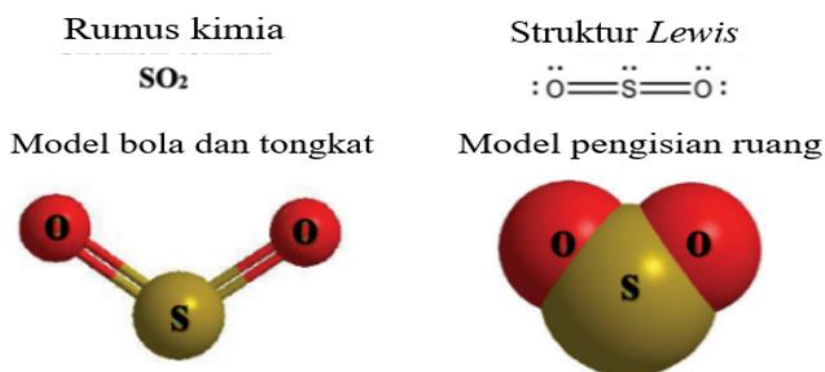
Lanjutan Tabel 2. 3 Sintak pembelajaran model *SiMaYang*

Fase (1)	Aktivitas Guru (2)	Aktivitas Peserta didik (3)
	untuk membuat interkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia dan/atau berisi teka teki silang belajar kimia.	4. Melakukan latihan individu melalui LKPD individu.
<b>Fase IV: Evaluasi</b>	1. Memberikan reviu terhadap hasil kerja peserta didik. 2. Memberikan tugas latihan interkoneksi tiga level representasi fenomena kimia, dan umpan balik. 3. Melakukan evaluasi formatif, dan sumatif.	1. Menyimak hasil reviu dari guru dan bertanya tentang pembelajaran yang akan datang.

#### 4. Model pembelajaran kimia yang akan dikembangkan

Model pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *multiple representasi* berbantuan teknologi informasi, untuk memperbaiki sintak model *SiMaYang* dalam mengatasi keterbatasan atau kelemahannya.

Ayesha memberikan representasi simbolik dan visualisasi senyawa sulfur dioksida melalui rumus kimia, struktur *Lewis*, gambar model bola dan tongkat, gambar model pengisian ruang seperti yang terlihat pada Gambar 2.12, agar peserta didik mampu memprediksi sifat kimia dari sulfur dioksida melalui penentuan panjang ikatan relatif, polaritas molekul, dan gaya antar molekul terkuat dengan molekul air (Farheen & Lewis, 2021).



Gambar 2. 12 Representasi visual senyawa  $\text{SO}_2$

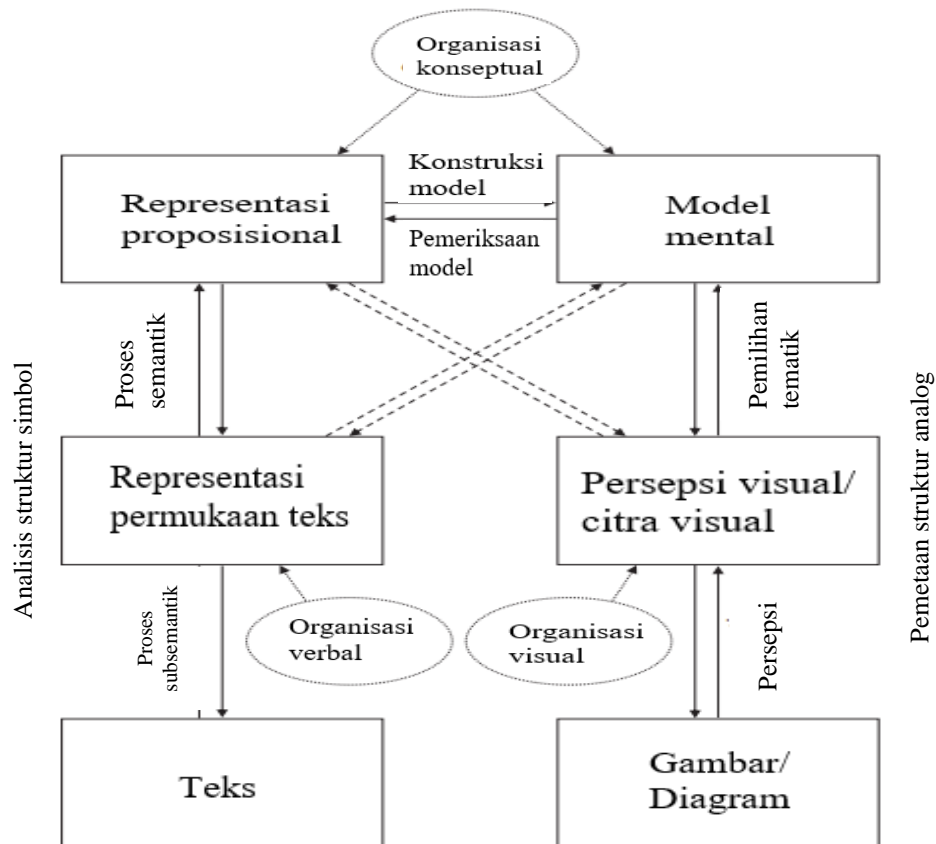
Ilustrasi Gambar 2.12 jika menggunakan pembelajaran melalui model *SiMaYang* dalam menginterkoneksi tiga level representasi fenomena kimia, dapat dijelaskan bahwa pada sintak eksplorasi-imajinasi akan dilakukan tiga kali langkah, yaitu: (1) tahap makro, (2) tahap submikro dengan membuat gambar statis dan harus menayangkan media atau gambar dinamis dengan membuka video dan sebagainya, dan (3) tahap simbolik.

Penggunaan teks dan gambar visual dalam model pembelajaran *SiMaYang* dilakukan mulai dari tahap awal orientasi, kemudian dilanjutkan pada tahap eksplorasi imajinasi, untuk mengarahkan peserta didik pada penalaran dalam membentuk model mental. Hal inilah yang membuat sintak *SiMaYang* khususnya pada tahap eksplorasi-imajinasi akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Kelemahan dalam penerapan sintak *SiMaYang* pada tahap eksplorasi-imajinasi, yaitu membutuhkan waktu yang lama dalam pembelajaran dan sulit terbentuknya model mental berkategori baik dan model mental target (Anwar et al., 2015; Alkham et al., 2021),

Teks adalah representasi deksriptif yang terdiri dari tanda-tanda yang memiliki makna berdasarkan konvensi Pierce, 1931/1958 (Schnotz & Wagner, 2018). Peserta didik dalam memahami teks harus bisa memecahkan kode informasi grafemik, mengakses leksikon mental dan pengetahuan latar belakang mereka, dan melakukan penguraian sintaksis, menghasilkan representasi mental dari permukaan teks. Gambar adalah representasi penggambaran yang terdiri dari tanda-tanda yang diasosiasikan dengan rujukannya melalui kesamaan atau dengan kesamaan struktural yang lebih abstrak (misalnya dalam grafik). Pemahaman gambar mengarahkan peserta didik untuk membuat representasi visual internal dari tampilan grafis melalui pemrosesan persepsi, yang mengatur entitas grafis dibagian citra memori kerja menurut hukum Gestalt. Berdasarkan representasi persepsi dan latar belakang pengetahuan, peserta didik dapat melakukan proses semantik ketika mereka membangun model mental dan representasi proporsional dari materi pelajaran. Konstruksi model mental dipandu oleh proses skema *driven* pemetaan entitas grafis ke entitas model mental dan hubungan spasial ke hubungan semantik (Keehner et al., 2008).

Pemrosesan teks dan gambar memerlukan pemetaan antara elemen verbal dan elemen gambar pada tingkat struktur permukaan dan pada tingkat struktur semantik (Schnotz et al., 2011; Mason et al., 2013). Pemetaan struktur permukaan termasuk menghubungkan elemen verbal (kata) dan elemen grafis (garis dan bentuk) berdasarkan perangkat kohesif seperti angka umum, label umum, simbol umum, atau kode warna umum. Pemetaan struktur dalam semantik dengan menghubungkan struktur konseptual dengan karakteristik struktural dari model mental (Schnotz & Wagner, 2018). *Integrated model of Text and Picture Comprehension* (ITPC) yang mengintegrasikan teks dan gambar dapat dilihat pada Gambar 2.13.

Menurut model ITPC, proses integrasi terjadi di dalam memori kerja dengan kapasitas yang terbatas (Baddeley, 1999; Sweller & Chandler, 1994). Pemrosesan informasi disimpan melalui dua saluran, yaitu saluran verbal (deksriptif) dan saluran bergambar (penggambaran). Saluran verbal melibatkan teks eksternal, representasi permukaan teks internal, dan representasi proporsional dari konten semantik teks. Saluran bergambar melibatkan gambar eksternal, gambar visual internal gambar, dan model mental dari materi pelajaran. Model ITPC mengasumsikan interaksi dinamis yang berkelanjutan antara representasi teks, representasi gambar, representasi proporsional, dan model mental. Interaksi antara representasi proporsional dan model mental terjadi melalui proses konstruksi model mental dan proses inspeksi model mental. Proses-proses ini berfungsi sebagai pengubah antara saluran deksriptif dan saluran penggambaran pada tingkat pemrosesan struktur dalam semantik (Schnotz & Wagner, 2018).



**Gambar 2. 13** Model ITPC (*Integrated model of Text and Picture Comprehension*) (Schnotz & Bannert, 2003)

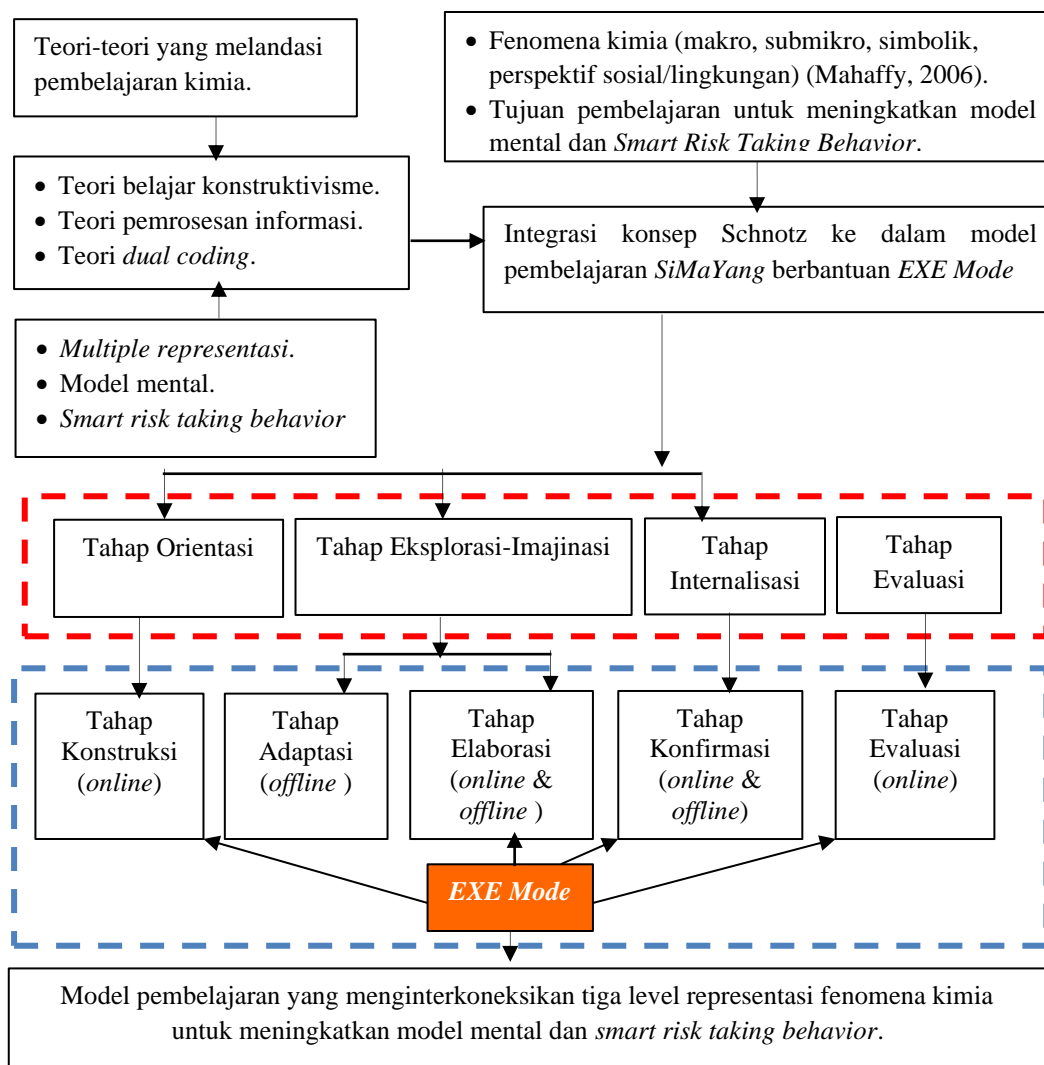
Schnotz (2003) menyatakan bahwa model mental awal terjadi karena dorongan dari teks verbal bukan dari gambar. Belajar dengan menggunakan teks dan gambar adalah proses yang dinamis dan disesuaikan dengan tujuan dan strategi yang diarahkan. Teks dan gambar memainkan peran yang berbeda secara fundamental untuk tujuan yang berbeda sesuai dengan tujuan dari penggabungan kedua representasi tersebut. Model mental adaptif akan terbentuk setelah menggabungkan teks dan gambar ketika peserta didik telah siap dengan bimbingan konseptual melalui pemrosesan verbal (teks). Hal ini dapat dikatakan bahwa saluran pemrosesan informasi untuk membentuk model mental yang baik, dilakukan melalui tahapan pemahaman konsep verbal (teks), kemudian pemahaman terhadap konsep visual atau gambar (Schnotz & Wagner, 2018). Penekanan dari konsep Schnotz adalah sumber informasi yang diterima melalui dua saluran baik secara

verbal maupun visual, dilakukan secara bertahap untuk memudahkan peserta didik dalam membentuk model mental adaptif.

Pengembangan model pembelajaran *multiple representasi* berbantuan teknologi informasi dalam rangka memperbaiki dan mengatasi kelemahan serta kendala-kendala dari model *SiMaYang*, yang mengacu kepada konsep Schnotz merupakan kebaruan dalam penelitian ini. Model pembelajaran hipotetik yang akan dikembangkan lebih mengarah kepada terbentuknya model mental secara bertahap yang menuju kepada peningkatan model mental berkategori baik dan model mental target. Model pembelajaran hipotetik yang dikembangkan diharapkan akan membentuk minat atau ketertarikan peserta didik dalam belajar serta keberanian dalam mengambil keputusan secara cerdas atau SRTB.

Fase-fase dalam model pembelajaran hipotetik ini mengacu kepada landasan teori belajar konstruktivisme, teori *dual coding*, teori pemrosesan informasi, dan konsep Schnotz (2003) untuk memudahkan peserta didik dalam memahami konsep kimia. Sebagaimana uraian di atas, Schnotz (2003) menekankan pembelajaran menggunakan teks dan gambar dilakukan secara bertahap, yaitu penguasaan konsep melalui saluran verbal terlebih dahulu berupa teks dan suara, dan tahap selanjutnya penguasaan konsep secara visual berupa gambar, animasi, video, dan lain-lain. Tahap-tahap model pembelajaran berbantuan *EXE Mode* yang dikembangkan ini dikemas dengan menggunakan aplikasi teknologi informasi *EXE Mode*. Penggunaan aplikasi *EXE Mode* pada pengembangan model pembelajaran bertujuan untuk memudahkan peserta didik dalam proses penelusuran/pencarian sumber informasi berupa teks, audio, animasi, video dan lain-lain. Peserta didik akan dengan mudah menelusuri secara *online* melalui *EXE Mode* untuk sumber-sumber informasi yang diperlukan, dan waktu yang dibutuhkan menjadi lebih efisien dan efektif. Guru telah menyiapkan materi yang akan diajarkan baik berupa teks maupun berupa bahan ajar visual (gambar, animasi, video, dan lain-lain) hanya dengan satu aplikasi saja. Materi ajar disusun sedemikian rupa dengan menggunakan fitur-fitur manajemen belajar dalam *EXE Mode* yang secara komprehensif dapat memfasilitasi representasi baik berupa teks, visualisasi

(gambar, animasi, video, suara) yang melibatkan tiga level representasi fenomena kimia, dapat dijelaskan melalui diagram pada Gambar 2.14.



**Gambar 2. 14** Alur pengembangan model pembelajaran *SiMaEXE* berbantuan *EXE Mode* hasil perbaikan sintak model *SiMaYang*

Sebagaimana telah diuraikan bahwa empat tahap dalam pembelajaran model *SiMaYang* antara lain tahap orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Tahap orientasi yang merupakan aktivitas guru dengan menyampaikan tujuan pembelajaran dan memberikan motivasi dengan memberikan gambaran tentang fenomena sains yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, sehingga peserta

didik lebih termotivasi dalam mempelajari sains (Sunyono, 2014). Tahap eksplorasi-imajinasi memungkinkan peserta didik membangun pengetahuan melalui peningkatan pemahaman terhadap suatu fenomena dengan cara menelusuri informasi melalui berbagai sumber, yang selanjutnya guru menciptakan aktivitas peserta didik dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif berdasarkan pengetahuan yang telah diperoleh dengan melakukan imajinasi representasi (Sunyono, 2014). Tahap internalisasi merupakan proses pemasukan nilai pada seseorang yang akan membentuk pola pikirnya dalam melihat makna realitas pengalaman (objek yang telah dipelajari) (Kartono, 2000). Tahap evaluasi dalam model *SiMaYang* merupakan tahap untuk mendapatkan umpan balik selama proses pembelajaran.

Pengembangan model baru dilakukan untuk memperbaiki sintak pembelajaran model *SiMaYang* dengan mengintegrasikan konsep Schnotz berbantuan *EXE Mode*. Kedua tahap dalam model pembelajaran *SiMaYang*, yaitu orientasi dan eksplorasi-imajinasi, dikembangkan menjadi tiga tahap, yaitu konstruksi, adaptasi, dan elaborasi. Tahap konstruksi peserta didik diberi kesempatan untuk mencari dan membaca secara seksama sumber informasi verbal (teks dan data verbal lainnya melalui *link website*) dalam *EXE Mode* yang dilakukan secara *online* di rumah. Pencarian sumber informasi ini dilakukan sebelum pembelajaran dimulai (sebelum pertemuan *offline*), dengan batas waktu tertentu sebagai tugas agar peserta didik terlebih dahulu mempelajari topik-topik kimia. Materi berupa teks maupun *link web* yang tersedia (d disesuaikan dengan topik materi yang akan diajarkan) yang diberikan guru melalui aplikasi *EXE Mode*. Tujuan tahap konstruksi untuk memberikan pemahaman secara konseptual tentang topik-topik kimia sehingga dapat membentuk model mental awal peserta didik. Pada tahap ini, aktivitas guru adalah membantu peserta didik yang kesulitan dalam memahami materi verbal (teks, informasi melalui *link web*, dan lain-lain), dengan memberikan arahan melalui kolom diskusi pada aplikasi *EXE Mode*. Menurut teori belajar konstruktivisme Piaget, peserta didik harus berperan aktif dalam mengembangkan pengetahuan kognitifnya, karena pengetahuan tidak diperoleh secara pasif, melainkan melalui tindakan. Implikasi teori belajar konstruktivisme Piaget pada

fase ini, dapat dilihat dari kegiatan peserta didik dalam mempelajari materi secara mandiri, dan membuat rangkuman pertanyaan.

Tahap selanjutnya adalah tahap adaptasi. Aktivitas tahap ini adalah guru menjawab dan menjelaskan atas rangkuman pertanyaan peserta didik yang telah dikerjakan pada tahap konstruksi. Tahap adaptasi merupakan tahap apersepsi dimana peserta didik diberikan pemahaman awal/penyesuaian untuk proses transisi terhadap pembelajaran yang abstraksi/visualisasi. Proses transisi dalam tahap adaptasi merupakan implikasi dari konsep Schnotz (2003), yaitu proses penerimaan informasi dilakukan secara bertahap yang dimulai dari penerimaan informasi melalui saluran verbal (teks), kemudian menggunakan saluran visual pada tahap berikutnya (elaborasi). Hal ini sesuai dengan teori *dual coding* yang menjelaskan tentang informasi dari dunia luar dapat diterima melalui dua saluran, yaitu melalui saluran verbal berupa teks atau suara, dan saluran *nonverbal* berupa visualisasi.

Tahap elaborasi, guru akan memberikan penjelasan melalui beberapa abstraksi visual berupa gambar, animasi, video, dan *youtube* tentang fenomena kimia (pembentukan ikatan kimia, penerimaan dan pemberian elektron, dan kepolaran suatu senyawa kimia). Peserta didik diharapkan mampu memahami secara utuh dan mendalam melalui penalaran/imajinasinya, sebagaimana penjelasan dari Schnotz bahwa seseorang akan lebih mudah memahami konsep-konsep yang abstrak setelah melalui pemahaman secara verbal. Hal ini sesuai dengan teori pemrosesan informasi yang menyatakan bahwa informasi dari dunia luar yang diterima melalui organ-organ sensorik (mata, telinga, dan alat indera lainnya) akan diproses/*encoding* di dalam *working memory* berupa pembayangan/penalaran, selanjutnya informasi baru tersebut dihubungkan dengan pengetahuan yang sudah ada dalam memori jangka panjang (ingatan/pemahaman awal). Peserta didik diharapkan terlibat aktif dengan guru untuk menyimak dan bertanya jawab tentang fenomena kimia. Peserta didik secara individu atau kelompok menyelesaikan soal/tugas yang diberikan pada Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD). Tujuan tahapan ini adalah untuk membentuk daya imajinasi/penalaran peserta didik terhadap fenomena kimia, dengan demikian akan terbentuk model mental. Peserta didik diberikan kesempatan untuk berkompetisi



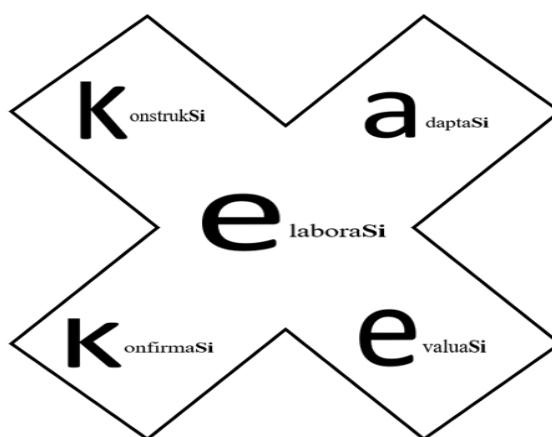
dengan kelompok lainnya dalam menanggapi dan mengajukan argumentasi secara santun. Guru akan memfasilitasi dan membantu peserta didik untuk berpikir kritis, menganalisis, memecahkan masalah, dan berani berargumen tanpa rasa takut. Dengan demikian akan terbentuk SRTB. Kegiatan ini mendorong peserta didik untuk berani menyampaikan argumen secara kognitif, jika secara nalar tidak bisa diterima, maka peserta didik dapat meminta bantuan penjelasan dari guru atau dari teman kelompok lain. Tahapan ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme Vigotsky tentang *zone of proximal development* (ZPD) dimana peserta didik mampu memecahkan masalah melalui bantuan guru dan atau teman sejawatnya (tingkat perkembangan potensial).

Tahap pengembangan model pembelajaran selanjutnya adalah konfirmasi, peserta didik merefleksikan atas pengalaman belajarnya berupa umpan balik menyampaikan argumen tentang hasil kegiatan belajarnya (SRTB). Guru akan memberikan umpan balik dan apresiasi atas kekuatan dan kelemahan hasil belajar pada tahap sebelumnya, dengan menambah informasi pengetahuan yang dikuasai guru. Kegiatan ini dilakukan secara *offline*, dimana guru akan memberikan penegasan kebenaran tentang suatu konsep yang telah dipelajari pada tahap konstruksi dan adaptasi-elaborasi berdasarkan rujukan resmi, misalnya membandingkan hasil penalaran terbentuknya ikatan kovalen dengan merujuk pada buku pelajaran resmi. Peserta didik didorong untuk menggunakan pengetahuan lebih lanjut dari sumber yang terpercaya untuk lebih menguatkan penguasaan konsep-konsep fenomena kimia agar lebih bermakna.

Tahap akhir pengembangan model pembelajaran ini adalah tahap evaluasi. Guru akan menyiapkan tugas latihan untuk menginterkoneksi tiga level representasi fenomena kimia. Melalui menu dalam *EXE Mode*, berbagai model latihan soal dan evaluasi yang disediakan di dalam aplikasi seperti *interactive video*, *multi-choice*, *multi-select*, *SCORM quiz*, *scramble list*, dan *true-false question*, sehingga waktu pembelajaran lebih efektif. Peserta didik mengerjakan soal-soal latihan tersebut secara *online* sesuai dengan batas waktu yang sudah disetting oleh guru. Pengukuran ketuntasan penyelesaian pertemuan pembelajaran dalam model ini berupa apresiasi sertifikat yang akan dikeluarkan melalui aplikasi *EXE Mode*

kepada peserta didik apabila sudah selesai mengerjakan soal-soal tugas latihan. Sebelum menutup aplikasi *EXE Mode* peserta didik akan menanyakan kepada guru melalui kolom diskusi tentang topik pembelajaran yang akan datang.

Berdasarkan uraian di atas, model pembelajaran yang dikembangkan (hipotetik) pada penelitian ini terdiri dari lima sintak/tahapan pembelajaran, yaitu tahap konstruksi, tahap adaptasi, tahap elaborasi, tahap konfirmasi, dan tahap evaluasi. Tahap-tahap pembelajaran model ini dalam pelaksanaannya secara *online* menggunakan aplikasi berbasis teknologi informasi. Sintaks model pembelajaran yang dikembangkan tersebut selanjutnya disusun secara simbolik dengan mengadopsi simbol dari *eXe learning*. Lima suku kata terakhir “si” dari setiap fase (konstruksi, adaptasi, elaborasi, konfirmasi, dan evaluasi) disingkat menjadi SiMa (Si liMa). Aktivitas pembelajaran *online* menggunakan aplikasi *EXE Mode* menjadi suku kata terakhir dari pemberian nama model pembelajaran yang dikembangkan. Dengan demikian, model pembelajaran yang dikembangkan diberi nama *SiMaEXE* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.15.



**Gambar 2. 15** Model pembelajaran *SiMaEXE* (Hipotetik)

Model pembelajaran hipotetik hasil pengembangan ini merupakan model pembelajaran kimia yang menginterkoneksi ketiga level fenomena kimia, sehingga topik-topik pembelajaran yang sesuai dengan model ini adalah topik-topik

kimia yang lebih bersifat abstrak yang mengandung level makro, submikro, dan simbolik (seperti materi pembelajaran ikatan kimia).

### 5. Tujuan pengembangan model pembelajaran yang hendak dicapai

Model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan dengan tujuan membelajarkan:

- 1) Materi-materi kimia SMA yang bersifat abstrak dengan melibatkan interaksi fenomena kimia melalui berbagai representasi.
- 2) Keterampilan berpikir melalui tahapan konstruksi, adaptasi-elaborasi, konfirmasi, dan evaluasi dalam meningkatkan model mental dan *smart risk-taking behavior*.

### 6. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar pembelajaran terlaksana

Perilaku mengajar dalam model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan tertuang di dalam komponen-komponen model pembelajaran. Menurut Joyce dan Weil (2003: 84-87) bahwa suatu model pembelajaran memiliki 5 komponen utama, yaitu sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dan dampak intruksional dan dampak pengiring.

#### a. Sintak

Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki sintak dengan 5 (lima) fase pembelajaran, yaitu konstruksi, adaptasi, elaborasi, konfirmasi, dan evaluasi. Fase-fase dalam *SiMaEXE* dilakukan pembelajaran secara *online* menggunakan media *EXE Mode* dan secara *offline* (tatap muka). Setiap fase tersebut memiliki aktivitas/kegiatan guru dan peserta didik sebagaimana dituangkan dalam Tabel 2.4.

**Tabel 2. 4** Fase (tahapan) dari sintak model pembelajaran *SiMaEXE* Hipotetik

Tahapan Pembelajaran (1)	Aktivitas (Guru dan Peserta didik) (2)
Fase I: Konstruksi ( <i>Online</i> menggunakan <i>EXE</i> <i>Mode</i> )	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Guru memberikan tugas kepada peserta didik untuk mencari dan membaca sumber informasi tentang ikatan kimia.</li> <li>2. Guru memfasilitasi peserta didik untuk bertanya melalui kolom diskusi pada media <i>EXE Mode</i></li> </ol>

Lanjutan **Tabel 2. 4** Fase (tahapan) dari sintak model pembelajaran *SiMaEXE* Hipotetik

(1)	(2)
30 menit	3. Peserta didik merangkum dan mengembangkan informasi yang luas tentang fenomena kimia (makro, submikro, dan simbolik) melalui <i>EXE Mode</i> dengan membaca dan melihat teks verbal. 4. Peserta didik mengumpulkan hasil rangkuman atau tugas melalui google form.
Fase II: Adaptasi ( <i>Offline</i> )	1. Peserta didik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengajukan pertanyaan atas hasil pembelajaran mandiri.</li> <li>• Mendengarkan penjelasan guru atas materi-materi yang belum dipahami.</li> <li>• Menghayati dan mencermati pengetahuan baru yang disampaikan guru sebagai bentuk penerimaan ide-ide baru untuk pemahaman awal.</li> </ul> 2. Guru <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyampaikan tujuan pembelajaran dan memberikan motivasi melalui gambaran tentang fenomena kimia dalam kehidupan sehari-hari.</li> <li>• Menjelaskan tentang pertanyaan-pertanyaan yang belum dipahami peserta didik.</li> </ul>
10 menit	
Fase III: Elaborasi ( <i>Online – Offline</i> , menggunakan <i>EXE Mode</i> )	1. Peserta didik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengembangkan informasi yang luas tentang fenomena kimia (makro, submikro, dan simbolik) melalui media <i>EXE Mode</i> dengan menyimak dan melihat gambar, animasi, video, dan lain-lain.</li> <li>• Melaporkan hasil adaptasi secara lisan atau tertulis, baik secara individu maupun kelompok, dalam membuat interkoneksi tiga level fenomena kimia, atau mempresentasikan hasil temuannya.</li> <li>• Menanggapi laporan atau pendapat teman, mengajukan argumentasi dengan santun, mendiskusikan dan melakukan tanya jawab, serta menyimpulkan secara bersama dalam kelompok.</li> <li>• Melakukan latihan secara individu untuk memperdalam pemahaman interkoneksi fenomena kimia, dengan menjawab soal-soal latihan yang diberikan dalam media <i>EXE Mode</i>.</li> </ul> 2. Guru <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengenalkan konsep ikatan kimia secara verbal atau dengan demonstrasi, video, animasi (seperti bagaimana terjadinya pembentukan garam di laut) yang telah disiapkan dalam media <i>EXE Mode</i>, dengan melibatkan peserta didik untuk menyimak dan bertanya.</li> <li>• Memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisa, berpikir, menyelesaikan masalah dan bertindak tanpa rasa takut, dengan cara kolaborasi (berdiskusi).</li> <li>• Memfasilitasi terjadinya interaksi antara peserta didik satu dengan peserta didik lainnya, peserta didik dengan guru dan lingkungan atau sumber belajar.</li> <li>• Memberikan bimbingan kepada peserta didik untuk melakukan imajinasi representasi terhadap fenomena kimia yang sedang dihadapi secara kolaboratif (berdiskusi).</li> <li>• Memberikan latihan atau tugas untuk menciptakan aktivitas individu dalam mengartikulasikan imajinasinya.</li> </ul>
60 menit	

Lanjutan Tabel 2. 4 Fase (tahapan) dari sintak model pembelajaran *SiMaEXE* Hipotetik

(1)	(2)
Fase IV: Konfirmasi ( <i>Offline</i> )  10 menit	1. Peserta didik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan refleksi terhadap pengalaman belajarnya.</li> <li>• Mengadakan tanya jawab dengan guru untuk menghilangkan keraguan tentang suatu konsep.</li> <li>• Menggunakan teori atau konsep yang telah diterima untuk diterapkan pada kehidupan nyata.</li> </ul> 2. Guru <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan revidu terhadap hasil kerja peserta didik dan mendorong peserta didik untuk melakukan penilaian sejawat terhadap hasil kerjanya.</li> <li>• Memberikan umpan balik yang sifatnya positif dan penguatan dalam bentuk lisan, tulisan, isyarat, maupun hadiah atau <i>reward</i> terhadap keberhasilan yang telah dicapai oleh peserta didik.</li> <li>• Melakukan refleksi untuk memperoleh pengalaman belajar yang telah dilakukan</li> <li>• Memfasilitasi peserta didik untuk memperoleh pengalaman yang bermakna dalam mencapai tujuan pembelajaran.</li> </ul>
Fase V : Evaluasi ( <i>Online</i> menggunakan <i>EXE</i> <i>Mode</i> )  10 menit	1. Peserta didik <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengerjakan soal-soal tes atau ujian berupa <i>interactive video</i>, <i>multi-choice</i>, <i>multi-select</i>, <i>SCORM quiz</i>, <i>scramble list</i>, dan <i>true-false question</i> yang telah disediakan dalam <i>EXE Mode</i>.</li> <li>• Mengumpulkan hasil tes atau ujian sesuai dengan waktu yang ditentukan.</li> </ul> 2. Guru <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyiapkan soal tes atau ujian untuk diupload ke dalam media <i>EXE Mode</i> berupa <i>interactive video</i>, <i>multi-choice</i>, <i>multi-select</i>, <i>SCORM quiz</i>, <i>scramble list</i>, dan <i>true-false question</i> yang telah disediakan dalam <i>EXE Mode</i>.</li> <li>• Memberikan penilaian atas hasil jawaban tes atau ujian, serta memberikan apresiasi ketuntasan pembelajaran berupa sertifikat yang diterbitkan melalui media <i>EXE Mode</i>.</li> </ul>

#### b. Sistem sosial

Berdasarkan sintak yang telah disusun di atas, sistem sosial yang menyatakan peran peserta didik dan guru pada model pembelajaran *SiMaEXE* ini dapat dilihat dari hubungan antara guru dan peserta didik yang disarankan. Sistem sosial tersebut tercermin pada sintak pembelajaran, yaitu pada aktivitas guru dan peserta didik, selanjutnya secara detil diuraikan pada buku model pembelajaran *SiMaEXE*.

### c. Prinsip reaksi

Prinsip reaksi ini berkaitan dengan bagaimana guru memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, termasuk guru memberikan respon terhadap pertanyaan, jawaban, tanggapan, atau apa yang dilakukan peserta didik. Pada model pembelajaran *SiMaEXE*, cara guru memperhatikan dan memperlakukan peserta didik tercermin dari langkah-langkah pembelajaran (sintak) dan secara detail diuraikan pada buku model pembelajaran *SiMaEXE*.

### d. Sistem pendukung

Sistem pendukung suatu model pembelajaran adalah semua sarana, bahan, dan alat yang diperlukan untuk menerapkan model tersebut. Oleh sebab itu, sumber dan perangkat pembelajaran yang diperlukan untuk mengimplementasikan model pembelajaran *SiMaEXE* ini adalah:

- a) Buku teks
- b) Rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP).
- c) Lembar kegiatan peserta didik (LKPD).
- d) Media pembelajaran, yaitu *EXE Mode* yang merupakan media berbayar.
- e) Perangkat instrumen (evaluasi), baik instrumen untuk mengukur model mental maupun instrumen untuk mengukur *smart risk-taking behavior*.

### e. Dampak instruksional dan dampak pengiring

Dampak instruksional merupakan hasil belajar yang dicapai langsung dengan mengarahkan peserta didik pada tujuan yang diharapkan. Dampak pengiring merupakan hasil belajar lainnya yang dihasilkan melalui suatu proses pembelajaran sebagai akibat terciptanya suasana belajar yang dialami langsung oleh peserta didik tanpa pengarahan dari guru. Dampak instruksional yang dihasilkan oleh model pembelajaran *SiMaEXE* antara lain:

- a) Peserta didik mampu menggunakan daya imajinasinya dalam meningkatkan model mental.
- b) Peserta didik berani berargumen tanpa rasa takut untuk memunculkan *smart risk-taking behavior*.

- c) Peserta didik mampu menguasai materi yang dipelajari.
- d) Peserta didik mampu berkomunikasi dengan baik dan santun.
- e) Peserta didik dapat bekerjasama dengan temannya dalam kelompok dengan saling menghargai pendapat sesama peserta didik.

Dampak pengiring yang diharapkan dari hasil penerapan model pembelajaran *SiMaEXE* adalah:

- a) Peserta didik memiliki motivasi belajar yang tinggi dengan memberikan respon positif terhadap pelaksanaan pembelajaran.
- b) Sikap memiliki sikap mandiri dan bertanggungjawab, terutama dalam menyelesaikan tugas-tugas individu.

## **7. Lingkungan belajar yang diperlukan**

Salah satu faktor penting yang dapat memaksimalkan pembelajaran adalah penciptaan lingkungan pembelajaran yang kondusif. Lingkungan pembelajaran dalam hal ini adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan tempat proses pembelajaran dilaksanakan. Kondusif berarti kondisi yang benar-benar sesuai dan mendukung keberlangsungan proses pembelajaran dengan model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan. Proses pembelajaran merupakan interaksi antara peserta didik dengan lingkungannya, sehingga pada diri peserta didik terjadi proses pengolahan informasi menjadi pengetahuan dan sikap sebagai hasil dari proses belajar.

Lingkungan belajar yang dibuat dengan sistem pengelompokan peserta didik dan pengaturan tempat duduk yang tepat dapat memfasilitasi/memediasi peserta didik dalam melaksanakan kegiatan belajar, terutama dalam mengoptimalkan daya imajinasi peserta didik dalam meningkatkan model mental dan SRTB. Lingkungan belajar yang demikian dapat merefleksikan ekspektasi yang tinggi bagi kesuksesan seluruh peserta didik secara individu, baik dalam membangun model mental dan *smart risk-taking behavior* maupun dalam meningkatkan hasil belajar. Berdasarkan uraian tersebut dapat dikatakan bahwa lingkungan belajar merupakan situasi yang direkayasa oleh guru agar proses

pembelajaran dapat berlangsung secara efektif dan tujuan pembelajaran dapat tercapai.

Lingkungan pembelajaran terdiri atas dua hal utama, yaitu lingkungan fisik dan lingkungan sosial (Saroni, 2006). Lingkungan fisik dalam hal ini adalah lingkungan yang ada di sekitar peserta didik dalam belajar berupa sarana fisik; seperti ruang kelas, pengaturan tempat duduk, alat/media pembelajaran, dan sarana dan prasarana lainnya. lingkungan sosial merupakan pola interaksi yang terjadi dalam proses pembelajaran. Interaksi yang dimaksud adalah interaksi antar peserta didik, peserta didik dengan guru, dan peserta didik dengan sumber belajar. Lingkungan sosial yang baik memungkinkan adanya interaksi antara guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran, sehingga sistem sosial dan prinsip reaksi dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

Menurut Mulyasa (2006), dalam upaya menciptakan lingkungan pembelajaran yang kondusif, guru hendaknya dapat memberikan kemudahan belajar kepada peserta didik, menyediakan berbagai sarana dan sumber belajar yang memadai, membimbing/memotivasi/memediasi/memfasilitasi peserta didik dalam mempelajari suatu materi pembelajaran, serta strategi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik meningkatkan pengetahuannya dalam upayanya membangun model mental dan SRTB. Oleh karena itu, suasana kelas dalam pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan perlu diatur sedemikian rupa, seperti sistem pengelompokan peserta didik, pengaturan tempat duduk, pengaturan diskusi, dan sebagainya. Penataan suasana kelas dalam pembelajaran dengan model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan diatur dengan menggunakan gaya kluster (Santrock, 2008), yaitu gaya susunan kelas (susunan tempat duduk) dimana sejumlah peserta didik (antara 4 sampai 6 orang) duduk saling berhadapan dalam bentuk melingkar atau persegi untuk bekerja dalam kelompok kecil. Penataan susunan tempat duduk peserta didik yang demikian, dapat mendorong terlaksananya sistem sosial dan prinsip reaksi.

Berkaitan dengan hal tersebut, pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan, hendaknya guru dapat berperan



secara aktif, antara lain mampu mengatasi situasi yang *over-lapping* secara efektif, menjaga kelancaran dan kontinuitas pembelajaran, serta selalu melibatkan peserta didik dalam berbagai aktivitas kelompok dan aktivitas individu dapat terakomodasi secara fleksibel dalam penataan lingkungan belajar di kelas, terutama aktivitas dalam melakukan imajinasi terhadap fenomena yang dihadapi.

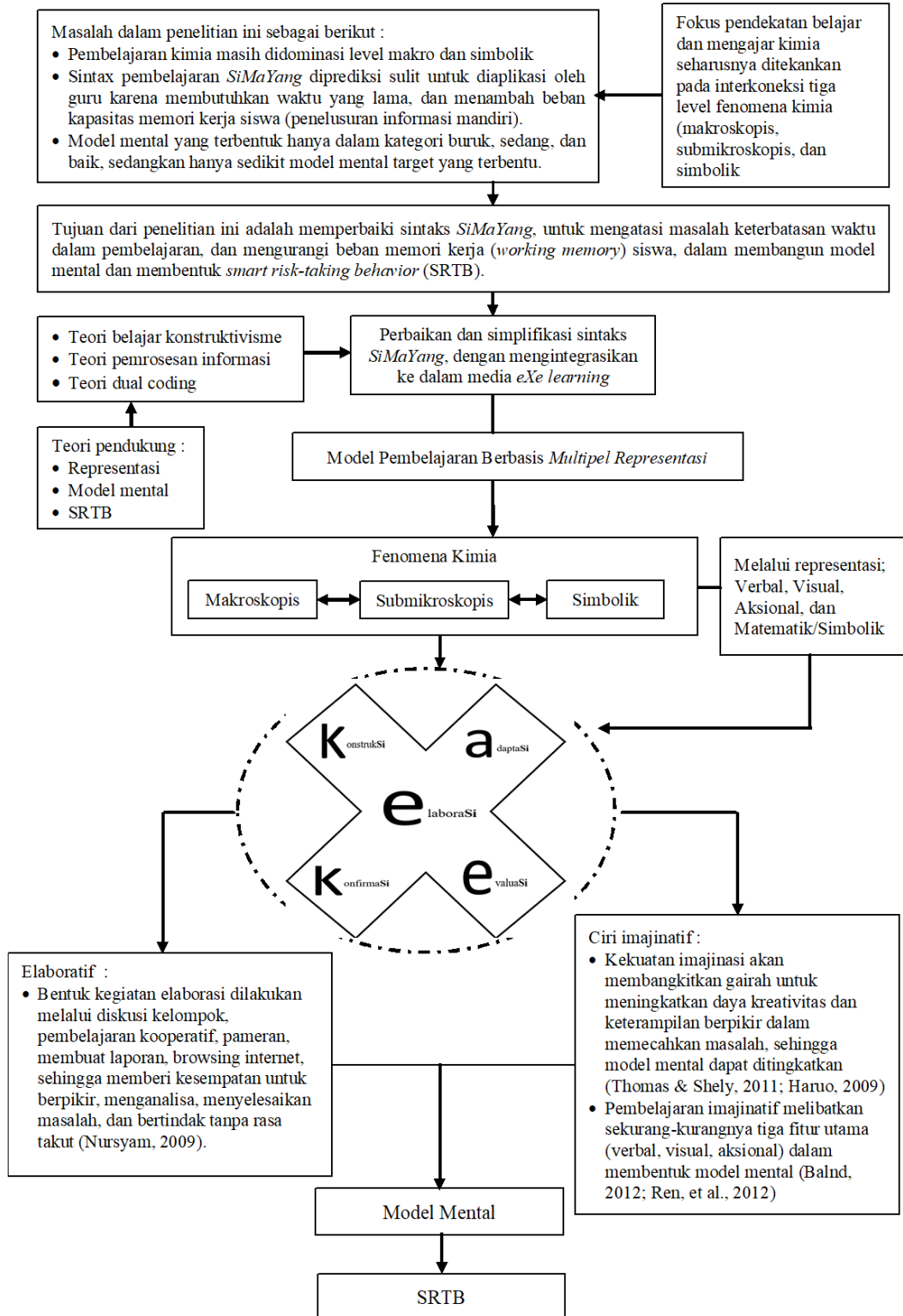
## **B. Kerangka Berpikir**

Beberapa masalah pembelajaran kimia, khususnya ikatan kimia yang dapat diidentifikasi berdasarkan studi pendahuluan diantaranya adalah pembelajaran kimia yang berlangsung selama ini umumnya lebih menekankan pada dua level fenomena (makroskopis dan simbolik) secara verbal. Pembelajaran fenomena submikroskopis hanya direpresentasikan melalui ceramah dan diskusi secara verbal, sehingga peserta didik menganggap pembelajaran kimia adalah abstrak dan sulit dipahami atau dipelajari. Peserta didik cenderung hanya menghafalkan representasi fenomena submikroskopik dan simbolik yang bersifat abstrak (dalam bentuk deksripsi kata-kata), sehingga model mental dan SRTB peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal fenomena submikroskopik tidak berkembang dengan baik.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan *multiple representasi* dengan menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia dapat meningkatkan kemampuan dalam menyelesaikan masalah melalui berbagai representasi. Upaya pengembangan kemampuan tersebut dapat ditempuh dengan menggunakan model, strategi dan media pembelajaran yang sesuai dalam meningkatkan model mental dan SRTB. Visualisasi molekular melalui gambar, diagram, grafik, animasi dan simulasi yang diintegrasikan dalam pembelajaran secara verbal (baik pembelajaran di kelas maupun praktik di laboratorium) dapat membantu peserta didik mengembangkan model mentalnya dan membentuk SRTB serta imajinasinya sehingga dapat meningkatkan kemampuan representasional yang berujung pada peningkatan penguasaan pembelajaran kimia.

Model dan strategi pembelajaran tersebut perlu dilandasi prinsip-prinsip berikut ini: fenomena makroskopik disajikan melalui kegiatan pembelajaran secara kooperatif (penjelasan verbal, diskusi, demonstrasi, atau praktikum) atau memperlihatkan fenomena dengan simulasi atau animasi. Hal ini akan nampak pada fase (tahap) konstruksi. Fase ini diintegrasikan dengan fenomena level submikroskopik melalui visualisasi dunia molekuler dengan menggunakan gambar/diagram submikro, grafik, animasi, atau dengan menggunakan media *EXE Mode*, selanjutnya dihubungkan dengan level simbolik (melalui persamaan dan rumus kimia). Langkah pembelajaran dalam melakukan interkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia tersebut diperlukan tahap adaptasi, dimana peserta didik dengan menggunakan imajinasi dan penalarannya diharapkan mampu melakukan interpretasi terhadap fenomena submikroskopik dan mentransformasikan fenomena submikroskopik tersebut ke level makroskopik atau simbolik atau sebaliknya melalui berbagai representasi. Hasil dari kedua tahap tersebut perlu dielaborasikan melalui kegiatan presentasi, tugas, dan latihan. Fase adaptasi dan elaborasi merupakan satu kesatuan fase menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE*. Melalui strategi-strategi pembelajaran tersebut diharapkan peserta didik membentuk model mental dan SRTB yang dapat diadaptasikan untuk eksplanasi fenomena kimia yang serupa dan dimodelkan ke dalam strategi penyelesaian masalah, khususnya pada pembelajaran kimia. Pembelajaran kimia yang demikian, diharapkan dapat membangun model mental dan SRTB peserta didik, sehingga penguasaan pembelajaran kimia juga akan meningkat.

Setiap peserta didik memiliki kemampuan yang berbeda dalam mentransfer informasi melalui memori kerja (*working memory*). Perbedaan ini disebabkan perbedaan pengalaman peserta didik sebelumnya, sehingga informasi yang tersimpan dalam memori jangka panjang setiap individu tentu saja berbeda satu dengan lainnya. Dengan demikian, peneliti menduga bahwa perbedaan kemampuan awal peserta didik akan menyebabkan perbedaan kemampuan model mental dan SRTB pembelajaran kimia, setelah peserta didik mengikuti pembelajaran dengan model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan. Secara sederhana kerangka berpikir ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram pada Gambar 2.16.



**Gambar 2. 16** Diagram Kerangka Berpikir

### **C. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis yang diajukan di sini adalah hipotesis untuk pertanyaan penelitian pada rumusan masalah nomor 2c. Hipotesis untuk pertanyaan penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

Jika model pembelajaran *SiMaEXE* yang akan dikembangkan dalam meningkatkan model mental dan SRTB, maka:

1. Model pembelajaran *SiMaEXE* lebih efektif dalam meningkatkan model mental dibandingkan model pembelajaran konvensional untuk setiap perbedaan kemampuan awal peserta didik.
2. Model pembelajaran *SiMaEXE* lebih efektif dalam membentuk SRTB dibandingkan model pembelajaran konvensional untuk setiap perbedaan kemampuan awal peserta didik.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **A. Jenis Penelitian**

Secara epistemologis penelitian ini mengarah kepada pengembangan model pembelajaran berbasis teknologi digital yang terintegritas dalam proses riset dan praktik desain instruksional. Untuk itu, penelitian ini mengadopsi desain penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R & D)*, yang berorientasi pada epistemologi pasca-postivisme dan interpretatif. Perlu ditekankan di sini bahwa proses dan pengujian efektivitas model pembelajaran berbasis teknologi digital merupakan manifestasi penelitian ilmiah yang memiliki kontribusi praksiologis, yaitu pengembangan model pembelajaran berbantuan *EXE Mode* dengan landasan teoretis dan konseptual (Borg & Gall, 2013). *R & D* sebagai kerangka operasional dalam penelitian ini yang menitik-beratkan pada model pembelajaran berbantuan *EXE Mode* yang digunakan dalam pembelajaran kimia Sekolah Menengah Atas (SMA).

### **B. Konteks dan Prosedur Penelitian**

Materi dalam pembelajaran kimia di SMA selalu membutuhkan penjelasan-penjelasan dan model pembelajaran berbasis teknologi digital sebagai pendukung dalam penyampaian materi tersebut. Salah satu materi yang membutuhkan penjelasan dan media pendukung dalam penyampaiannya adalah materi ikatan kimia. Materi ikatan kimia berisikan konsep-konsep abstrak, sehingga perlu upaya mengkonkritkan konsep yang bersifat abstrak menggunakan media pembelajaran visualisasi atau model pembelajaran berbasis *multiple representasi*.

Pemilihan atau rekrutmen sekolah dan partisipan dilakukan secara teknik *stratified random sampling*. Sekolah dan partisipan yang dipilih adalah 3 (tiga) SMA yaitu 2 (dua) sekolah negeri dan 1 (satu) sekolah swasta, sebagai keterwakilan sekolah negeri dan swasta. Lokasi sekolah dipilih secara random di daerah urban

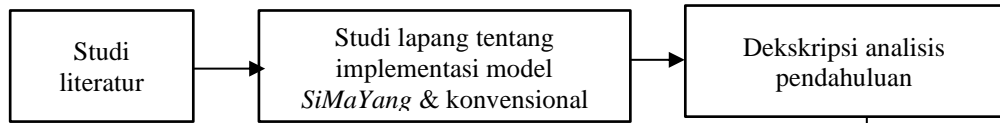
dan sub urban yang ada di Provinsi Lampung. Jumlah partisipan dari masing-masing sekolah minimal 25 peserta didik untuk kelas kontrol dan kelas eksperimen. Penentuan kelas kontrol dan kelas eksperimen akan dilakukan secara teknik *stratified random sampling* dari masing-masing sekolah. Sebelum melakukan penelitian, maka peneliti mengajukan izin terlebih dahulu menggunakan surat izin penelitian dari program studi Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung.

*Research and Development (R & D)* yang diusung oleh Borg & Gall (2003), yaitu pengembangan model yang dilakukan melalui aktivitas berulang dari mulai mendesain model sampai implementasi model. Ada 10 tahapan penelitian yang meliputi: (1) penelitian dan pengumpulan informasi, (2) perencanaan, (3) pengembangan draf awal, (4) pengujian ahli dan uji lapang awal, (5) revisi produk awal, (6) pengujian lapang utama, (7) revisi produk hasil uji lapang utama, (8) pengujian lapang operasional, (9) revisi produk hasil uji lapang operasional, dan (10) implementasi serta desiminasi.

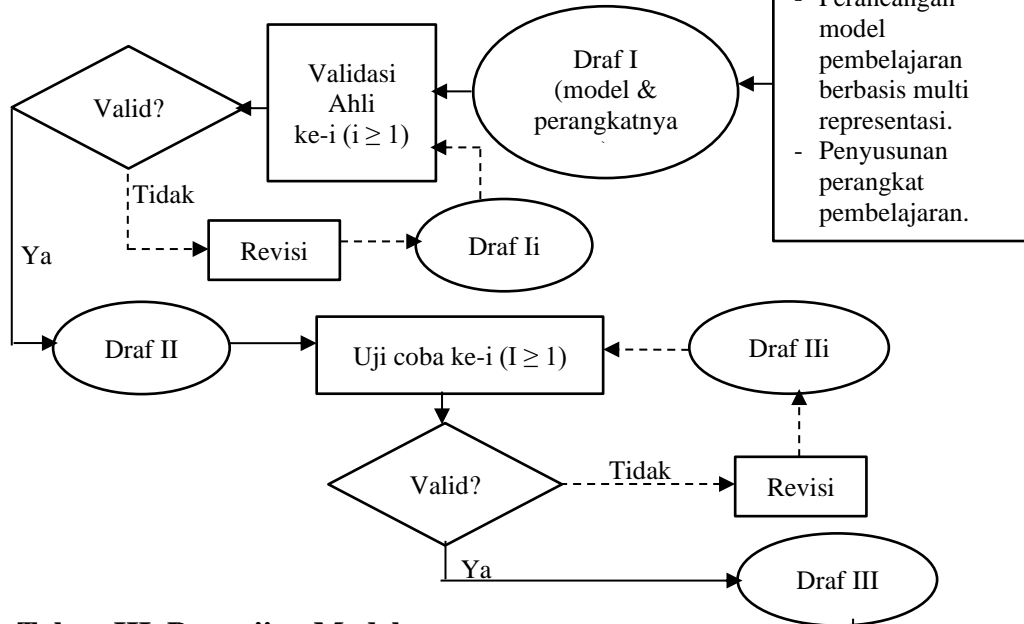
Sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini, maka dilakukan adaptasi terhadap 10 tahapan tersebut menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu: (1) studi pendahuluan, (2) perancangan/desain model, dan (3) pengujian model (Sunyono, 2014).

Penelitian diawali dengan melakukan observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran kimia dan analisis kurikulum SMA kelas X untuk menemukan draf model, selanjutnya draf model tersebut divalidasi oleh ahli yang relevan dan selanjutnya diujicobakan untuk melihat validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Alur penelitian pengembangan tersebut disajikan dalam Gambar 3.1.

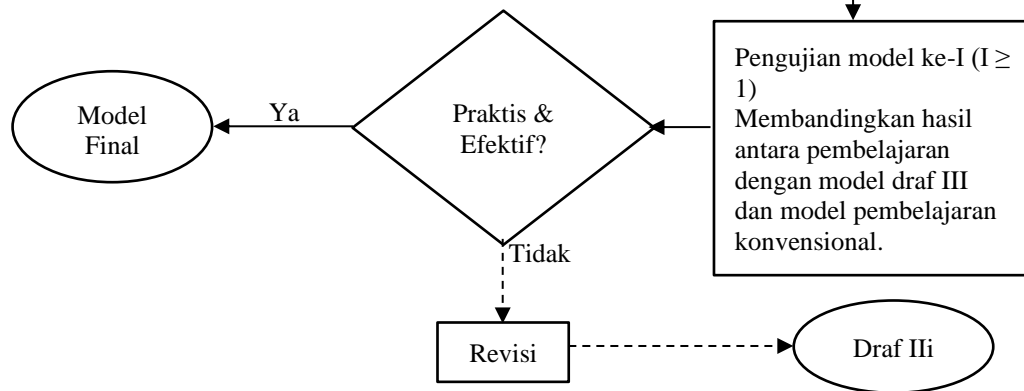
### 1. Tahap I. Studi Pendahuluan



### 2. Tahap II. Pengembangan/desain Model



### 3. Tahap III. Pengujian Model



Keterangan :

- = Aktifitas
- = Hasil (berupa produk model dan perangkatnya)
- ◇ = Pilihan terhadap hasil analisis
- = Arah proses/aktivitas berikutnya
- - - → = Arah siklus kegiatan/aktivitas

**Gambar 3. 1** Tahapan dan aktivitas penelitian pengembangan (Suyono, 2014)

## **1. Tahap studi pendahuluan**

Rancangan penelitian tahap I adalah observasi lapangan yang bertujuan untuk memperoleh data tentang konsep-konsep mana pada topik ikatan kimia yang sangat sulit dipahami oleh peserta didik, pengamatan terhadap perilaku peserta didik dalam pembelajaran (meliputi: kemampuan membangun model mental, membentuk SRTB, menyelesaikan masalah kimia, dan menggali persoalan/menelusuri informasi), dan juga dilakukan pengamatan terhadap pengelolaan pembelajaran yang dilakukan oleh guru kimia SMA selama ini, termasuk perangkat pembelajarannya. Berdasarkan data pada observasi dan studi literatur, peneliti menyusun draf model pembelajaran.

## **2. Tahap pengembangan desain model dan uji-terbatas**

Rancangan penelitian tahap II adalah pengembangan desain model pembelajaran dan uji coba. Berdasarkan hasil studi pendahuluan disusun rancangan model pembelajaran *SiMaEXE* dalam meningkatkan model mental dan SRTB. Rancangan ini meliputi: (a) rancangan model pembelajaran, (b) rancangan perangkat pembelajaran, (c) validasi ahli, (d) uji coba. Kedua rancangan tersebut disusun secara berurutan, dalam hal ini setelah draf model pembelajaran berhasil disusun, kemudian disusun perangkat pembelajaran sebagai operasionalisasi model pembelajaran yang dikembangkan.

### **a. Rancangan model pembelajaran**

Pada tahap ini dilakukan desain draf model pembelajaran *SiMaEXE* yang memuat komponen-komponen pembelajaran, yaitu sintaks pembelajaran yang dilengkapi dengan aktivitas guru dan peserta didik pada setiap fase, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak instruksional dan dampak pengiring.

### **b. Rancangan perangkat pembelajaran**

Perancangan perangkat pembelajaran dilakukan setelah desain draf model tersusun dalam bentuk draf buku model yang berisi sintak pembelajaran dan



petunjuk pelaksanaan pembelajaran. Langkah kegiatan dalam menyusun perangkat pembelajaran ini meliputi:

- a. Merancang pengorganisasian materi berdasarkan karakteristik, keluasan dan kedalaman materi, dan alokasi waktu. Rancangan organisasi materi ini digunakan sebagai dasar dalam menyusun perangkat pembelajaran yang melatih peserta didik dalam menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia (makro, submikro, dan simbolik).
- b. Membuat indikator/instrumen keberhasilan pembelajaran yang meliputi indikator pencapaian model mental dan SRTB sebagai dasar untuk menyusun instrumen evaluasi.
- c. Menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).
- d. Penyediaan media pembelajaran. Media pembelajaran yang digunakan untuk menjelaskan fenomena level molekuler (submikro) diambil dari media animasi/simulasi berbasis komputer yang telah dikembangkan oleh para pakar kimia dan telah diproduksi oleh *McGraw-Hill, Inc.*

#### **c. Validasi ahli**

Produk-produk hasil pengembangan model (draf I), selanjutnya divalidasi terlebih dahulu sebelum digunakan pada tahap implementasi/pengujian. Fokus validasi produk-produk pengembangan tersebut adalah pada validasi konten, penyajian/tampilan, efek bagi strategi pembelajaran dan tampilan menyeluruh, yang dilakukan oleh 5 (lima) orang ahli sesuai batas minimal uji validasi menurut Lawshe (McMorris & Kundert, 1994). Karakteristik akademik validator ahli adalah memiliki jenjang pendidikan Strata 3 (S3), mempunyai bidang keahlian pendidikan kimia dan bidang keahlian media berbasis TI (Teknologi Informasi), dan mempunyai pengalaman dalam melakukan penelitian pengembangan.

#### **d. Uji coba**

Setelah produk draf model (draf II) memenuhi kriteria validitas, penelitian dilanjutkan dengan melakukan uji coba terbatas. Uji coba terbatas akan dilakukan

di salah satu sekolah di kota Bandar Lampung dengan jumlah peserta didik 25 orang pada semester genap kelas X yang sudah mengikuti mata pelajaran ikatan kimia. Hal ini bertujuan agar peserta didik dapat membandingkan antara pembelajaran sebelumnya dengan *SiMaEXE* yang dikembangkan. Uji coba II (jika hasil uji coba I tidak memenuhi syarat kepraktisan) juga akan diambil dari peserta didik kelas X di sekolah yang sama tetapi untuk kelas yang berbeda dari kelas pada uji coba I.

Partisipan penelitian untuk tahap pengujian/implementasi model adalah peserta didik kelas X SMA. Kelas yang dipilih untuk menerapkan model pembelajaran konvensional dan model pembelajaran yang dikembangkan dipilih secara teknik *stratified random sampling* untuk menentukan kelas mana yang akan menjadi kelas kontrol dan kelas mana yang akan menjadi kelas eksperimen. Kedua kelas baik kelas kontrol maupun kelas eksperimen akan diberikan *Pretest* terlebih dahulu, dan setelah perlakuan selanjutnya akan diberikan *posttes*. Penelitian ini adalah penelitian *true experiment* untuk mengontrol semua variabel pada uji coba. Fokus penelitian pada tahap pengujian model ini adalah uji keterlaksanaan, kemenarikan, dan efektivitas model pembelajaran yang telah dikembangkan.

### **3. Tahap Uji Coba Luas**

#### **a. Lokasi dan Partisipan Penelitian**

Partisipan dalam penelitian ini adalah peserta didik SMA Kelas X semester dua tahun pelajaran 2021/2022, yang sudah mengikuti mata pelajaran ikatan kimia, yang akan dilakukan di Kota Bandar Lampung dan Kota Metro, dengan jumlah peserta didik minimal 25 orang tiap sekolah. Tahap pengujian model pembelajaran dan perangkatnya yang telah dikembangkan dilakukan pada sampel kelas X SMA yang dipilih secara acak di 3 (tiga) sekolah yang ada di Provinsi Lampung antara lain : Kota Bandar Lampung dan Kota Metro.

### b. Tahap pengujian

Tahap ini adalah tahap untuk menguji efektivitas dari model pembelajaran yang dikembangkan dengan desain pengujian sebagaimana digambarkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1** Desain Penelitian Tahap Pengujian dan Implementasi

Group	Subjek	Pretest	Perlakuan	Posttest	Hasil tes dengan kemampuan awal
Treatment	R1	O1	X1	O2	Y1
Control	R2	O1	C	O2	Y1
Treatment	R1	O1	X1	O2	Y2
Control	R2	O1	C	O2	Y2

Keterangan :

R1 = Kelas eksperimen dengan pembelajaran menggunakan model yang dikembangkan.

R2 = Kelas kontrol dengan pembelajaran menggunakan model yang dikembangkan.  
O1 dan O2 = *Pretest* dan *posttest* yang berfungsi untuk mengukur pemahaman materi dan model mental peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran.

X = Pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model yang dikembangkan.

C = Pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model konvensional.

Y1 dan Y2 = Hasil tes pada kemampuan awal tinggi, sedang, dan rendah.

Desain penelitian ini digunakan untuk mengetahui perbandingan peningkatan model mental dan pembentukan SRTB, serta penguasaan pemahaman pembelajaran kimia peserta didik antara peserta didik yang mengikuti pembelajaran kimia menggunakan model yang dikembangkan dengan peserta didik yang mengikuti pembelajaran kimia menggunakan model *SiMaYang*.

*Pretest* dan *posttest* dilakukan untuk mengukur pencapaian pembelajaran peserta didik. Oleh sebab itu, soal *pretest* dan *posttest* memiliki jumlah item soal yang sama dalam bentuk soal objektif. Hasil *pretest* dalam bentuk soal pilihan ganda dinilai dengan pemberian skor untuk jawaban benar 1 dan untuk jawaban salah 0. Skor yang diperoleh diurut dari skor yang paling tinggi ke skor yang paling rendah, selanjutnya dibuat rentangan dengan banyaknya kelas interval 3 untuk mendapatkan 3 kelompok peserta didik dalam kelas X SMA. Tiga kelompok tersebut adalah peserta didik dengan kemampuan awal tinggi, sedang dan rendah. Pada pengujian ini juga memungkinkan terjadinya siklus pengujian, jika hasilnya

tidak memenuhi syarat efektivitas, tetapi jika memenuhi syarat efektivitas, maka hasil penelitian ini adalah berupa model final.

### **c. Variabel Penelitian dan Definisi Operasioan Variabel**

#### **1) Variabel penelitian**

Variabel-variabel dalam penelitian ini meliputi keterlaksanaan, kemenarikan, dan efektivitas model pembelajaran kimia berbantuan *EXE Mode* yang dikembangkan, model mental peserta didik, serta SRTB. Tujuan penelitian yang hendak dicapai (pencapaian variabel terikat), perlu dijabarkan kemampuan-kemampuan peserta didik untuk mengevaluasi kemunculan model mental dan SRTB pada pembelajaran kimia.

#### **2) Definisi konseptual**

Berdasarkan masalah dan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih terfokus perlu dilakukan pendefenisian beberapa istilah yang berasal dari berbagai literatur, sebagai berikut:

1. *Multiple representasi* didefinisikan sebagai merepresentasikan kembali (representing) konsep-konsep yang dipelajari melalui berbagai bentuk, yang mencakup mode verbal, mode visual, simbolik, grafis, numerik, dan sebagainya dalam menjelaskan fenomena-fenomena kimia pada level mikroskopis, submikroskopis, dan simbolik (Ainsworth, 2008).
2. Fenomena makroskopis adalah fenomena kimia yang dapat dipelajari melalui pengamatan nyata terhadap suatu peristiwa yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari peserta didik (Johnstone, 1993).
3. Fenomena submikroskopis adalah fenomena kimia yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekul) terhadap fenomena makrokopis yang diamati. Fenomena submikroskopis sangat terkait erat dengan model teoretis yang melandasi eksplanasi dinamika level partikel. Mode representasi pada level ini diekspresikan secara simbolik mulai dari yang

sederhana hingga menggunakan teknologi computer, yaitu menggunakan kata-kata, diagram, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi, baik diam maupun bergerak (animasi) atau simulasi (Johnstone, 1993).

4. Fenomena simbolik adalah fenomena kimia secara kualitatif dan kuantitatif yang direpresentasikan melalui simbol-simbol, seperti rumus kimia, persamaan reaksi, perhitungan matematik, susunan elektron dan sebagainya (Johnstone, 1993).
5. Representasi tetrahedral kimia adalah representasi fenomena kimia yang menggambarkan dimensi manusia. Representasi tetrahedral kimia menggambarkan nilai dalam pendidikan kimia, yang meliputi dua aspek, yaitu perspektif sosial dan aspek manusia sebagai pembelajaran. Representasi tetrahedral kimia menjadikan peserta didik mampu memecahkan masalah berdasarkan pengalaman peserta didik dalam kehidupannya, termasuk meningkatkan kesadaran untuk menjaga dan memelihara keseimbangan lingkungan (Mahaffy, 2006).
6. Model mental adalah representasi dari suatu objek, ide atau proses yang dihasilkan oleh seseorang selama proses kognitif berlangsung (Harrison, A. G., & Treagust, 2000) dan digunakan untuk melakukan upaya menyelesaikan masalah dengan menghasilkan model yang diekspresikan dalam berbagai bentuk (diagram, gambar, grafik, simulasi atau pemodelan atau visualisasi, aljabar/matematis atau simbolik, bahkan juga deksripsi verbal dengan kata-kata), kemudian dapat dikomunikasikan pada orang lain (Borges & K, 1999; Greca & Moreira, 2000).
7. SRTB atau perilaku pengambilan resiko secara cerdas dalam dunia pendidikan merupakan perilaku dalam proses kognitif dan memiliki beberapa tahapan, yaitu berpikir secara mendalam tentang masalah, subjek, atau kasus, kemudian membuat kesimpulan dari masalah tersebut, menyajikan hipotesis, menyusun kembali hipotesis, dan mendiskusikan dengan anggota kelompok, untuk mencari solusi dalam memecahkan masalah tersebut (Bal-Incebacak et al., 2019).
8. *EXE Mode* adalah aplikasi/*platform* berbasis teknologi informasi yang dirancang untuk membantu guru dan peserta didik dalam pembelajaran kimia yang

memiliki konsep pembeajaran yang abstrak melalui pembelajaran *multiple representasi*.

9. Model pembelajaran *SiMaYang* adalah model pembelajaran berbasis *multiple representasi* yang digunakan untuk pembelajaran kimia yang bersifat abstrak dan mengandung tiga level fenomena kimia (Sunyono, 2015)
10. Karakteristik dari suatu objek adalah ciri khas yang dimiliki oleh objek tersebut, sehingga nampak berbeda dari objek-objek yang lain (Ali, 1995). Dengan demikian karakteristik dari suatu model pembelajaran adalah ciri khas yang dimiliki oleh model pembelajaran tersebut yang membedakannya dengan model-model pembelajaran yang lain.
11. Karakteristik model mental adalah ciri khas yang dimiliki oleh seseorang yang menggambarkan kemampuannya dalam melakukan interpretasi dan transformasi fenomena yang sedang dihadapi, dan ciri tersebut dapat dikategorisasikan ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah, atau dengan karakteristik model mental yang belum jelas, *intermediate\_1*, *intermediate\_2*, *intermediate\_3* (consensus), dan target (Wang, 2007; Park, 2006).
12. Karakteristik SRTB adalah kemampuan yang dimiliki seseorang dalam mengambil resiko secara cerdas, yang dapat dilihat dari beberapa faktor antara lain: tingkat kemampuan peserta didik dalam sains, ketertarikan secara individu dalam pembelajaran, tingkat kepercayaan diri, dan persepsi dukungan guru (Beghetto, 2009).
13. Validitas isi model pembelajaran adalah ukuran validitas yang menggambarkan bahwa komponen-komponen intervensi dari model pembelajaran yang dikembangkan telah didasarkan pada *state of the art knowledge* (Plomp, 2013) atau terkait dengan kokohnya landasan teori dalam pengembangan model berdasarkan penilaian ahli.
14. Validitas konstruk dari model pembelajaran adalah ukuran kevalidan yang menggambarkan bahwa semua komponen-komponen dari model pembelajaran yang dikembangkan secara konsisten saling berhubungan satu sama lain (Plomp, 2013) berdasarkan penilaian para ahli.

15. Efektivitas model pembelajaran adalah ukuran kelayakan yang mengacu pada sejauhmana pengalaman dan hasil intervensi (pembelajaran) sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Efektivitas diukur melalui tes dan observasi terhadap kemampuan orang lain dalam mengelola (Plomp, 2013). Dengan demikian, model pembelajaran dikatakan efektif jika memenuhi syarat: guru mampu mengelola pembelajaran dengan baik, aktivitas peserta didik tinggi, dan tujuan pembelajaran (model mental dan pengambilan resiko secara cerdas) tercapai.
16. Kepraktisan mengacu pada sejauhmana bahwa pengguna (ahli lain) mempertimbangkan intervensi yang dikembangkan dapat digunakan dan disukai dalam kondisi normal dan peserta didik mudah dalam belajar (Plomp, 2013). Model pembelajaran yang dikembangkan dikatakan praktis jika para ahli dan praktisi menyatakan bahwa secara teoretis model dapat diterapkan di lapangan dan tingkat keterlaksanaan di lapangan termasuk kategori “tinggi,” serta peserta didik memberikan respon yang positif (Akker, 1999).

### **3) Definisi operasional variabel**

Berdasarkan variabel-variabel penelitian yang dirumuskan di atas, maka untuk dapat menyamakan pemahaman terhadap istilah-istilah pada variabel-variabel tersebut dan sebagai acuan dalam proses pengumpulan data penelitian, variabel-variabel tersebut didefinisikan secara operasional sebagai berikut.

1. Keterlaksanaan model pembelajaran merupakan ukuran kualitas model pembelajaran dalam pelaksanaan di kelas yang selanjutnya disebut tingkat keterlaksanaan.
2. Kemenarikan model pembelajaran merupakan salah satu ukuran kualitas pembelajaran berdasarkan respon peserta didik terhadap komponen dan kegiatan pembelajaran yang meliputi: cara guru mengajar, cara peserta didik belajar, penggunaan LKPD, dan penggunaan media.
3. Efektivitas model pembelajaran merupakan ukuran dari kualitas model pembelajaran yang sangat terkait dengan pencapaian tujuan pembelajaran, yaitu dalam meningkatkan model mental dan SRTB peserta didik. Model

pembelajaran dikatakan efektif bila pembelajar dilibatkan secara aktif dalam mengorganisasi dan menemukan hubungan di antara informasi-informasi yang diberikan. Berdasarkan hal tersebut, efektivitas model pembelajaran diukur melalui kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran, aktivitas peserta didik dalam belajar, tujuan yang ingin dicapai model mental yang dibangun, dan SRTB yang dibentuk.

4. Model mental peserta didik didefinisikan sebagai *expressed model* (model yang diekspresikan) oleh peserta didik terhadap materi-materi kimia yang telah dipelajari sebagai respon terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Model mental dapat berupa bentuk-bentuk ekspresi, seperti: diagram, gambar, grafik, simulasi atau pemodelan, aljabar/matematis, bahkan juga deksripsi verbal dengan kata-kata atau bentuk tulisan cetak, dan lain-lain. Dengan demikian model mental dapat diukur dengan tes model mental berupa soal-soal *essay* dan wawancara. Hasil tes model mental dianalisis secara deksriptif berdasarkan hasil kategori jawaban peserta didik (Wang, 2007) dan analisis statistik inferensial berdasarkan perolehan skor *N-gain* model mental.
5. SRTB merupakan perilaku pengambilan resiko secara cerdas, dimana seseorang dapat mengambil keputusan atau tindakan yang beresiko didasari oleh adanya kemauan dan keberanian. Perilaku pengambilan resiko secara cerdas atau SRTB juga merupakan kesediaan seseorang untuk mengambil resiko secara cerdas dalam kondisi dimana seseorang tidak dapat memperkirakan konsekuensinya, untuk suatu tindakan yang tidak diketahui atau dilakukan sebelumnya.
6. Kemampuan awal peserta didik tinggi, sedang, dan rendah merupakan kemampuan awal peserta didik dari skor pretes yang dikonversi menjadi rata-rata, dan dikelompokkan ke dalam kelompok tinggi, sedang, dan rendah. Peserta didik yang telah dikelompokkan berdasarkan kemampuan awal, dilakukan dengan cara membuat distribusi frekwensi dengan range di atas rata-rata, dan di bawah rata-rata. Kelompok peserta didik yang mendapatkan skor tes pada range di atas rata-rata merupakan kelompok peserta didik berkemampuan awal tinggi, peserta didik yang memperoleh skor tes berada pada range rata-rata dikelompokkan ke dalam kelompok berkemampuan awal sedang, dan peserta



didik dengan skor tes berada pada range di bawah rata-rata dikelompokkan ke dalam kelompok berkemampuan awal rendah.

#### **d. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data**

##### **1) Instrumen penelitian**

Variabel-variabel dalam penelitian ini diukur dengan beberapa instrumen (alat) penelitian, sehingga instrumen dalam penelitian ini meliputi instrumen yang melibatkan dua variabel penelitian. Terkait hal tersebut, pada penelitian ini disusun dua kelompok instrumen, yaitu instrumen yang berfungsi untuk memanipulasi proses pembelajaran berkaitan dengan model pembelajaran yang dikembangkan dan instrumen yang berfungsi untuk mengevaluasi hasil dari pelaksanaan pembelajaran. Instrumen yang berkaitan dengan model pembelajaran yang dikembangkan meliputi lembar pengamatan terhadap keterlaksanaan pembelajaran dengan model yang dikembangkan dan aktivitas peserta didik, serta angket kemenarikan model pembelajaran. Instrumen yang berkaitan dengan hasil pelaksanaan pembelajaran meliputi: tes model mental dan pedoman wawancara.

##### **a) Lembar observasi**

Lembar observasi atau lembar pengamatan yang disusun dalam penelitian ini meliputi lembar pengamatan pelaksanaan model pembelajaran, lembar pengamatan terhadap aktivitas peserta didik selama pembelajaran, dan lembar pengamatan terhadap kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran. Lembar pengamatan keterlaksanaan model pembelajaran digunakan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas keterlaksanaan atau kepraktisan model pembelajaran yang dikembangkan. Lembar pengamatan aktivitas peserta didik dan lembar pengamatan kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran digunakan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran yang dikembangkan ditinjau dari proses pembelajaran. Pengembangan lembar pengamatan dilakukan oleh peneliti sendiri dan divalidasi oleh pakar yang relevan. Bentuk lembar pengamatan yang

dikembangkan adalah observasi terfokus yang ditujukan untuk mengamati aspek-aspek tertentu dalam pembelajaran.

#### **b) Angket**

Angket yang digunakan dalam penelitian merupakan kuesioner yang berfungsi untuk mengubah informasi dari respon menjadi data untuk mengukur apa yang diketahui, disenangi/tidak disenangi, disetujui/tidak disetujui, dan apa yang dipikirkan oleh peserta didik setelah pembelajaran dengan model yang dikembangkan. Angket yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket kemenarikan pelaksanaan pembelajaran yang dibuat dalam bentuk angket respon peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran dengan model yang dikembangkan. Angket yang digunakan dalam penelitian dikembangkan oleh peneliti. Angket yang disusun berupa pertanyaan atau pernyataan yang meminta peserta didik menjawab atau memberikan tanggapan dengan memberikan tanda *checklist* (√) pada tempat yang telah disediakan. Pada angket respon peserta didik ini disediakan tempat bagi peserta didik untuk memberikan alasan atas jawaban atau komentar yang telah diberikan.

#### **c) Tes dan Pernyataan**

Instrumen berupa tes dalam penelitian ini digunakan untuk melihat kemunculan model mental, sedangkan instrumen berupa pernyataan untuk mengetahui SRTB peserta didik. Tes model mental yang digunakan berupa tes berbentuk *essay* yang diadaptasi dari model yang dikembangkan oleh Coll (2008). Soal tes model mental tersebut terdiri dari 5 item soal untuk tiap materi bahasan (ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam, ikatan non logam) yang disusun berdasarkan pencapaian (indikator) yang ditetapkan. Pertanyaan pada tes model mental dipilih pertanyaan-pertanyaan yang menuntut peserta didik untuk melakukan proses mental dengan cara:

1. Mengubah representasi visual ke dalam representasi verbal, perhitungan matematis, peranan elektron dalam pembentukan ikatan kimia, pembentukan

ikatan ion, pembentukan ikatan kovalen, penyimpangan aturan oktet, kepolaran ikatan dan keelektronegatifan, serta bentuk molekul.

2. Mempresentasikan bagaimana terbentuknya ikatan kimia, keterkaitannya dengan kepolaran suatu senyawa, menggambarkan model struktur *Lewis*, dan sebagainya dengan menggambarkan representasi tersebut ke dalam representasi eksternal, baik pada fenomena makro, simbolik, dan submikro.

Instrumen untuk mengukur SRTB dalam penelitian ini menggunakan angket pernyataan, berbeda dengan instrumen untuk mengukur model mental yang menggunakan *essay*, karena SRTB lebih mengarah kepada psikis seseorang atas apa yang dirasakannya. Pernyataan untuk melihat SRTB menggunakan instrumen *Intelligent Risk Taking (IRT)* dari Beghetto (2009). *Intelligent Risk Taking (IRT)* bagian I dan bagian II yang diadopsi dari rancangan Skaar (Skaar, 2009). Pada *IRT* bagian I untuk mengukur *risk taking behavior* yang merujuk kepada seberapa sering peserta didik melakukan kegiatan yang diminta atau disebutkan. Pada *IRT* bagian II untuk melihat *risk taking perception*, yaitu bagaimana peserta didik mempersepsikan jumlah resiko yang ada dalam kegiatan belajar. Reliabilitas menggunakan instrumen pengukuran *IRT* bagian I dan bagian II, yaitu sebesar 0,70, yang menyatakan bahwa alat ukur ini reliabel (Skaar, 2009).

Pengisian jawaban pernyataan yang dilakukan oleh peserta didik, yaitu dengan membubuhkan tanda *checklist* (✓) pada salah satu pilihan jawaban dari empat alternatif jawaban yang disajikan. Jenis jawaban yang digunakan dalam instrumen *IRT* bagian I untuk mengukur *risk taking behavior* adalah *likert rating* dengan pilihan jawaban, yaitu: (1) tidak pernah/*never*; (2) jarang/*rarely*; (3) kadang/*sometimes*; dan (4) sering/*often*. Jawaban yang digunakan dalam instrumen *IRT* bagian II untuk mengukur *risk taking perception* adalah *likert rating* dengan pilihan jawaban, yaitu: (1) tidak beresiko/*not risky*; (2) sedikit beresiko/*a little risky*; (3) beresiko/*risky*; dan (4) sangat beresiko/*very risky* (Beghetto, 2009).

Instrumen tes model mental dan instrumen *IRT* divalidasi terlebih dahulu oleh pakar yang relevan, sebelum digunakan dalam penelitian, selanjutnya diujicobakan lebih dahulu pada kelas di luar sampel penelitian untuk menganalisis

validitas dan reliabilitasnya. Tahap selanjutnya dilakukan analisis indeks sensitivitas instrumen tes model mental.

#### **d) Pedoman wawancara/interviu**

Pedoman wawancara yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah pedoman wawancara semi-terstruktur. Pedoman wawancara ini dikembangkan dengan mengadaptasi dari pedoman wawancara yang dikembangkan oleh McBrom (2011), berupa pertanyaan-pertanyaan yang meminta peserta didik untuk memberikan penjelasan terhadap jawaban peserta didik pada tes model mental. Wawancara terhadap peserta didik dilakukan untuk mengetahui lebih mendalam tentang jawaban peserta didik dan kesulitan-kesulitan yang muncul dalam menginterpretasikan fenomena level submikroskopis. Sebelum digunakan dalam pengambilan data, pedoman wawancara yang telah disusun akan divalidasi terlebih dahulu oleh pakar yang relevan.

#### **e) Analisis validitas dan reliabilitas instrumen**

##### **(1) Validitas model dan instrumen**

Draf model pembelajaran dan perangkatnya (buku model, RPP, LKPD, instrumen lembar pengamatan, angket, dan instrumen evaluasi) dalam penelitian ini divalidasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengambil data. Validasi terhadap lembar pengamatan, angket, tes model mental, skala pertanyaan SRTB, dan tes hasil belajar peserta didik dilakukan melalui validasi dari ahli. Masing-masing instrumen tersebut divalidasi oleh 5 orang ahli yang relevan bidang ilmunya (kimia dan pendidikan kimia). Analisis validitasnya dihitung dengan menggunakan kriteria dari Lawshe (Cohen, & Swerdik, 2010), dimana sekurang-kurangnya 4 orang dari 5 orang ahli telah memberikan kesimpulan akhir dengan pernyataan layak digunakan (LD) atau layak digunakan dengan perbaikan (LDP), atau dengan validitas minimum 0,60 dengan menggunakan rumus *content validity ratio* (CVR).

Validitas terhadap model pembelajaran dan perangkatnya tersebut juga dihitung berdasarkan skor yang diberikan oleh validator untuk setiap aspek penilaian, dengan cara:

- (1) Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh validator untuk setiap aspek yang dinilai.
- (2) Menghitung persentase ketercapaian skor dari skor ideal (skor maksimal) untuk setiap aspek yang dinilai.
- (3) Menghitung rata-rata persentase ketercapaian skor dari lima orang validator, kemudian menafsirkan data dengan menggunakan penafsiran persentase pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2** Kriteria Ketercapaian Validitas

Persentase	Kriteria
21,00% - 36,00%	Tidak valid (TV)
37,00% - 52,00%	Kurang valid (KV)
53,00% - 68,00%	Cukup valid (CV)
69,00% - 84,00%	Valid (V)
85,00% - 100,00%	Sangat valid (SV)

(Sumber: Arikunto, 2015)

Di samping validasi ahli, untuk tes model mental, pertanyaan SRTB, dan tes hasil belajar juga divalidasi dengan menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengetahui seberapa jauh hubungan antara jawaban pada setiap butir tes yang diskor secara dikotomi dengan skor total tes. Pada penelitian ini, uji korelasi dilakukan dengan menggunakan korelasi *product-moment* (Anastasi, 1982) dengan rumus:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{(N)(Sx)(Sy)}$$

Keterangan :  $r_{xy}$  = koefisien korelasi antara variabel X (skor butir) dan Y (skor total)

$\sum xy$  = jumlah perkalian X dan Y

$Sx$  = varian skor butir (variabel X)

$Sy$  = variabel skor total (variabel Y)

Perhitungan validitas butir tes tersebut dilakukan dengan menggunakan program SPSS versi 23. Tes dikatakan valid jika pada kolom Corrected Item-Total Correlation pada output SPSS untuk setiap item tes  $> 0,30$ .

## **(2) Reliabilitas instrumen tes prestasi (capaian pembelajaran), model mental, SRTB, dan angket minat**

Pengujian reliabilitas instrumen yang dilakukan pada penelitian ini meliputi instrumen tes model mental, pertanyaan SRTB, dan tes hasil belajar. Reliabilitas tes dilakukan untuk menguji-tingkat keajegan dari instrumen yang digunakan. Perhitungan reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan alfa Cronbach berbantuan SPSS versi 25.

Penggunaan rumus *alfa Cronbach* ini digunakan dengan alasan bahwa perhitungan tersebut mudah dilakukan dan merupakan prosedur yang lazim untuk memperkirakan reliabilitas dari segi konsistensi internal tes berdasarkan korelasi antar item. Perhitungan reliabilitas ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program SPSS dan penafsirannya menggunakan kriteria penafsiran, sebagaimana dinyatakan dalam Tabel 3.3.

**Tabel 3. 3** Kriteria Koefisien Reliabilitas

<b>Koefisien Reliabilitas</b>	<b>Keterangan</b>
$0,80 < r_{tt} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{tt} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{tt} \leq 0,60$	Sedang
$0,20 < r_{tt} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{tt} \leq 0,20$	Sangat rendah

(Sumber: Arikunto, 2015)

### **f) Sensitivitas butir tes**

Analisa terhadap sensitivitas butir soal tes model mental dan hasil belajar juga dilakukan, di samping analisis di atas. Sensitivitas butir tes digunakan untuk menentukan apakah suatu butir soal mampu mengukur efek pembelajaran yang telah dilaksanakan. Sensitivitas butir soal dinyatakan dengan indeks sensitivitas (S), yaitu suatu ukuran seberapa baik suatu butir soal dapat membedakan tingkat

pemahaman antara peserta didik yang telah menerima pembelajaran dengan peserta didik yang belum menerima pembelajaran. Indeks sensitivitas soal tes pilihan dihitung dengan rumus (Mahrens & Lehmann, 1991; Osuji, 2006).

$$S = \frac{Rb - Ra}{T}$$

Keterangan : Ra = Jumlah peserta didik yang menjawab benar pada saat *Pretest*.

Rb = Jumlah peserta didik yang menjawab benar pada saat *posttest*.

T = Jumlah rata-rata peserta didik yang mengikuti *Pretest* dan *posttest*.

Indeks sensitivitas untuk soal berbentuk *essay* dan uraian, dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S = \frac{U2 - U1}{N}$$

Keterangan : U1 = Skor yang diperoleh pembelajar pada saat *Pretest*.

U2 = Skor yang diperoleh pembelajar pada saat *posttest*.

N = Jumlah skor maksimal yang dapat dicapai per item tes.

Suatu butir soal dikatakan sensitif bila harga sensitifitasnya berharga positif dan tidak kurang dari 3,0 ( $S \geq 3,0$ ). Semakin besar harga sensitifitasnya maka makin besar kepekaan butir soal terhadap efek pembelajaran (Mahrens & Lehmann, 1991; Osuji, 2006).

## 2) Teknik pengumpulan data

Berdasarkan jenis instrumen di atas, teknik pengumpulan data meliputi observasi, pemberian kuisioner (angket), pemberian tes, dan wawancara.

### a) Observasi (pengamatan) dan pemberian angket

Observasi atau pengamatan merupakan suatu teknik atau cara mengumpulkan data melalui kegiatan pengamatan terhadap kegiatan yang sedang

berlangsung, dalam hal ini adalah kegiatan pembelajaran. Pengamatan (observasi) ini dilakukan oleh observer yang telah dilatih sehingga dapat mengoperasikan lembar pengamatan secara baik dan benar. Observasi dilakukan dengan menggunakan lembar pengamatan yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan observasi selama pelaksanaan pembelajaran. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran, hanya membutuhkan pengamat untuk membubuhkan tanda *checklist* (√) pada tempat yang telah disediakan dan untuk lembar observasi aktivitas peserta didik, pengamat menuliskan kode kategori aktivitas pada tempat yang telah disediakan.

Pemberian angket dilakukan pada setiap akhir pembelajaran dengan model yang dikembangkan. Bentuk instrumen angket ini adalah angket skala dua, sehingga peserta didik hanya membubuhkan tanda *checklist* (√) pada pilihan “ya” atau “tidak” dan memberikan catatan-catatan yang diperlukan sebagai masukan untuk evaluasi terhadap pelaksanaan model yang dikembangkan, selanjutnya dihitung persentase peserta didik yang memberi respon “ya” (positif) dan “tidak” (negatif).

#### **b) Pemberian tes**

Pemberian tes ini meliputi tes pembelajaran kimia sebelum pembelajaran (*Pretest*) dan sesudah pembelajaran (*posttest*), serta tes model mental. Pemberian tes dilakukan baik pada awal maupun pada akhir pembelajaran pada pembelajaran kimia. Tes hasil belajar diberikan dalam bentuk tes pilihan ganda 5 opsi dan tes model mental berbentuk tes uraian.

#### **c) Wawancara**

Tahap wawancara dilakukan untuk melengkapi data tentang model mental peserta didik yang akan dilakukan terhadap 3 orang peserta didik yang dipilih secara acak dari jumlah peserta didik yang menjadi subjek pada tahap implementasi.



Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa skor tes model mental tentang pembelajaran kimia, baik sebelum pembelajaran (*Pretest*) maupun sesudah pembelajaran (*posttest*). Data kuantitatif ini dikumpulkan dengan metode pemberian tes, observasi, dan pemberian angket secara tertulis. Data kualitatif berupa data tentang model mental peserta didik yang diperoleh dari hasil tes dan wawancara, dan data tentang tanggapan (*respon*) peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran dengan model yang dikembangkan. Alat dan teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dirangkum dalam Tabel 3.4.

**Tabel 3. 4** Alat dan Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Tahap Penelitian	Data yang Diperlukan	Validitas/ Reliabilitas	Teknik Pengumpulan Data	Alat Pengumpulan Data
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pendahuluan	Kemampuan model mental peserta didik		Tes	Soal tes model mental
	Informasi kegiatan belajar		Observasi	Catatan lapangan
	Fasilitas dan media pembelajaran		Observasi	Catatan lapangan
Pengembangan dan Uji Coba Terbatas	Kualitas model pembelajaran yang dikembangkan (buku model)	Validasi isi	Validasi	Lembar validasi
	Kualitas Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Validasi isi	Validasi	Lembar validasi
	Kualitas LKPD	Validasi isi	Validasi	Lembar validasi
	Keterlaksanaan Pembelajaran	Validasi isi	Validasi Observasi	Lembar validasi Pedoman observasi
	Kemenarikan Pembelajaran	Validasi isi	Validasi Kuesioner	Lembar validasi Angket respon
	Model mental peserta didik	Validitas dan Reliabilitas tes	Validasi, korelasi <i>Product Moment</i> dan alfa <i>Crombach</i>	Tes bentuk uraian Tes bentuk uraian
Pengujian Model			Tes pada akhir pembelajaran Interviu	Pedoman Wawancara
	<i>Smart risk-taking behavior</i> peserta didik	Validitas dan Reliabilitas tes	Validasi, korelasi <i>Product Moment</i> dan alfa <i>Crombach</i>	Angket pernyataan IRT Angket pernyataan IRT

### 3) Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis deksriptif dari data kualitatif dan analisis inferensial dari data kuantitatif. Ringkasan variabel penelitian, data hasil penelitian, dan cara analisisnya disajikan dalam Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5** Variabel, Data Penelitian, dan Cara Analisis Data

Variabel Penelitian (1)	Data Penelitian (2)	Cara Analisis Data (3)
Kelayakan/validitas model pembelajaran	Hasil penilaian ahli terhadap buku model	Deksriptif kualitatif
	Hasil penilaian ahli terhadap RPP dan LKPD sebagai basis model yang dikembangkan	Deksriptif kualitatif
Kepraktisan (keterlaksanaan) model pembelajaran	Hasil observasi terhadap keterlaksanaan sintak, prinsip reaksi, dan sistem sosial berdasarkan pelaksanaan pembelajaran.	Deksriptif kualitatif
Kepraktisan (kemenarikan) model yang dikembangkan	Hasil respon peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran.	Deksriptif kualitatif
	Hasil observasi terhadap kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran	Deksriptif kualitatif
Efektivitas model pembelajaran yang dikembangkan	Hasil observasi terhadap aktivitas peserta didik	Deksriptif kualitatif
	Hasil tes capaian pembelajaran	Deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase peserta didik yang memperoleh N-Gain kategori tertentu.
	Hasil tes model mental	Deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase peserta didik yang memperoleh model mental dengan kategori tertentu.
	Skor hasil tes model mental pada setiap kelompok peserta didik berkemampuan awal tinggi, sedang, dan rendah.	Anova 2-jalur, serta uji perbedaan rerata (uji-t) terhadap model mental pada perbedaan model pembelajaran dan kemampuan awal.
	Skor hasil tes pemahaman materi pada setiap kelompok peserta didik berkemampuan awal tinggi, sedang, dan rendah.	Anova 2-jalur, serta uji perbedaan rerata (uji-t) terhadap model mental pada perbedaan model pembelajaran dan kemampuan awal.

## a) Analisis deksriptif

### (1) Analisis data keterlaksanaan dan kemenarikan model

Analisis data kuantitatif untuk data keterlaksanaan dan kemenarikan model pembelajaran (melalui pelaksanaan RPP) dilakukan secara deksriptif dengan mengolah data hasil pengamatan terhadap keterlaksanaan dan kemenarikan (respon peserta didik). Analisis keterlaksanaan RPP model pembelajaran yang dikembangkan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan rumus:

$$\%J_i = (\sum J_i / N) \times 100\%$$

Keterangan : %J<sub>i</sub> = Persentase ketercapaian dari skor ideal untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i

$\sum J_i$  = Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamat pada pertemuan ke-i

N = Skor maksimal (skor ideal)

- 2) Menghitung rata-rata persentase ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan dari dua orang pengamat.
- 3) Menafsirkan data dengan tafsiran harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (RPP) sebagaimana Tabel 3.6.

**Tabel 3. 6** Kriteria Tingkat Keterlaksanaan

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

(Sumber: Arikunto, 2015)

Analisis data kemenarikan model pembelajaran yang ditinjau dari respon peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran dengan model yang dikembangkan dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Menghitung jumlah peserta didik yang memberikan respon positif dan negatif terhadap pelaksanaan pembelajaran.

- 2) Menghitung persentase jumlah peserta didik yang memberikan respon positif dan negatif.
- 3) Menafsirkan data dengan menggunakan tafsiran harga persentase sebagaimana Tabel 3.6.

**(2) Analisis data kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran dan data aktivitas peserta didik**

Analisis data tentang kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran dengan model yang dikembangkan dilakukan dengan cara yang sama dengan analisis data keterlaksanaan RPP di atas.

Analisis deksriptif terhadap aktivitas peserta didik dalam pembelajaran dilakukan dengan mengolah data hasil pengamatan oleh pengamat dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Menghitung persentase aktivitas peserta didik untuk setiap pertemuan dengan rumus:

$$\%Pa = \frac{Fa}{Fb} \times 100\%$$

Keterangan: Pa = persentase aktivitas peserta didik dalam belajar di kelas.

Fa = Frekwensi rata-rata aktivitas peserta didik yang muncul.

Fb = Frekwensi rata-rata aktivitas peserta didik yang diamati.

- 2) Menghitung jumlah persentase aktivitas peserta didik yang relevan dan yang tidak relevan dengan pembelajaran untuk setiap pertemuan dan menghitung rata-ratanya, kemudian menafsirkan data dengan menggunakan tafsiran harga persentase sebagaimana Tabel 8.
- 3) Mengurutkan aktivitas peserta didik yang dominan dalam pembelajaran berdasarkan persentase setiap aspek aktivitas yang diamati.

### (3) Analisis deksriptif model mental

Analisis deksriptif terhadap model mental peserta didik dilakukan dengan menganalisis jawaban-jawaban peserta didik pada setiap soal tes model mental, sedangkan profil SRTB peserta didik menurut Strum (1971), dapat digambarkan melalui hubungan antara karakteristik kepribadian, kreativitas, dan pengambilan resiko yang dilakukan oleh peserta didik di dalam kelas saat pembelajaran berlangsung (Strum, 1971). Menurut Wang (2007) dalam menganalisis profil model mental pembelajar, peneliti menggambarkan model mental seseorang dengan menafsirkan tanggapan yang diperlihatkan terhadap masalah yang dihadapi. Pada penelitian ini, jawaban peserta didik terhadap soal tes model mental beragam, sehingga perlu dikelompokkan jawaban peserta didik tersebut ke dalam beberapa tipe sesuai dengan kemiripan jawaban peserta didik.

Tipe-tipe jawaban peserta didik dikategorisasikan (diurutkan) sesuai dengan jawaban peserta didik dimulai dari tidak ada upaya (tidak memberikan jawaban) sampai ke jawaban yang paling tepat (Sunyono, 2015). Banyaknya peserta didik pada setiap tipe dinyatakan dalam bentuk persentase. Hal ini dilakukan dengan mengadaptasi penelitian yang dilakukan (Park, 2006) dan Sunyono (2015), dimana untuk mengetahui fitur model mental individu peserta didik, Wang dan Sunyono menggunakan pengkodean terhadap penjelasan verbal dan *nonverbal* peserta didik, dan pengkodean tersebut menggunakan tipe-tipe jawaban peserta didik sebagai penjelasan dari representasi *nonverbal* peserta didik.

Pengkodean data hasil tes model mental dilakukan dengan cara pemberian skor pada masing-masing jawaban peserta didik (Park, 2006; Wang, 2007) sesuai dengan tipe jawaban peserta didik. Teknik penskoran dilakukan dengan cara menilai jawaban peserta didik atas soal tes dengan uraian menggunakan kategori untuk menentukan tingkat pencapaian. Kategori-kategori tersebut bertuliskan “baik sekali,” “baik,” “sedang,” “buruk,” dan “buruk sekali.” Secara berturut-turut diberikan skor 5, 4, 3, 2, dan 1, sebagaimana rubrik penilaian kemampuan model mental. Peserta didik yang memperoleh kategori yang sama dikelompokkan dan dihitung persentasenya. Berdasarkan klasifikasi yang dilakukan oleh Park (2009),

dalam penelitian ini model mental dengan kategori-kategori tersebut diklasifikasikan sebagaimana pada Tabel 3.7.

**Tabel 3. 7** Kategorisasi Model Mental Berdasarkan Skor Tes

No.	Kategori (1)	Model Mental (Park, 2009) (2)	Penjelasan (3)
1	Buruk sekali	Model mental yang belum jelas	Model mental yang sudah dibawa oleh seseorang sejak lahir atau model mental yang terbentuk karena informasi dari lingkungan yang salah, atau konsep dan gambar struktur yang dibuat sama sekali tidak dapat diterima secara keilmuan, atau pembelajar sama sekali tidak memiliki konsep.
2	Buruk	Intermediet 1	Model mental yang sudah mulai terbentuk atau konsep dan penjelasan yang diberikan mendekati kebenaran keilmuan dan gambar struktur yang dibuat tidak dapat diterima atau sebaliknya.
3	Sedang	Intermediet 2	Model mental pembelajar yang ditandai dengan konsep yang dimiliki pembelajar dan gambar struktur yang dibuat mendekati kebenaran keilmuan.
4	Baik	Intermediet 3	Model mental yang ditandai dengan penjelasan/konsep yang dimiliki pembelajar dapat diterima secara keilmuan dan gambar struktur yang dibuat mendekati kebenaran, atau sebaliknya penjelasan/konsep yang dimiliki belum dapat diterima dengan baik secara keilmuan, tetapi gambar struktur yang dibuat tepat.
5	Baik sekali	Target	Model mental yang ditandai dengan konsep/penjelasan dan gambar struktur yang dibuat pembelajar tepat secara keilmuan.

(Sumber: Sunyono, 2020)

Hasil analisis deksriptif terhadap fitur model mental peserta didik ini adalah tipe-tipe jawaban peserta didik yang menggambarkan model mental peserta didik. Analisis terhadap hasil wawancara dilakukan untuk melihat penyebab kemunculan model mental dan kesulitan-kesulitan peserta didik ketika belajar dengan representasi ketiga level representasi fenomena kimia.

Peserta didik menggambarkan SRTBnya melalui respon pernyataan dengan jawaban menggunakan skala likert 1 sampai dengan 4 yang digunakan untuk mengukur parameter pengambilan resiko secara cerdas, minat peserta didik pada sains, kepercayaan diri dalam pembelajaran sains, dan persepsi dukungan guru (Byrnes et al., 1999). Item pengambilan resiko secara cerdas bertujuan untuk

mengukur perilaku keterlibatan peserta didik dalam belajar antara lain berani berbagi ide, berani mengajukan pertanyaan, berani mencoba dan mempelajari hal-hal baru dalam sains (Byrnes et al, 1998; Clifford, 1991; Streitmatter, 1997). Item ketertarikan peserta didik pada sains berdasarkan minat pribadi seseorang yang terkait dengan perasaan (kesukaan pada sains) dan nilai (ilmu penting bagi saya) (Schiefele, 1991). Item tingkat kepercayaan diri dalam mengikuti pembelajaran bertujuan untuk menilai keyakinan peserta didik tentang kemampuan mereka dalam memberikan ide-ide baru yang berguna dalam sains, dan memandang dirinya memiliki daya imajinasi yang baik dalam sains (Beghetto, 2009). Item persepsi dukungan guru untuk menilai aspek dukungan guru selama pembelajaran berlangsung (Zimmerman, 2000; Minstrell & Kraus, 2005; Nickerson, 1999).

Analisis deksriptif juga dilakukan melalui data skor gain ternormalisasi (N-Gain) yang diperoleh peserta didik. Data skor N-Gain tersebut selanjutnya dianalisis melalui hasil tes model mental yang dilakukan dengan cara pemberian skor pada masing-masing jawaban peserta didik (Park, 2006; Wang, 2007) sesuai dengan tipe jawaban peserta didik. Skor model mental tersebut diubah ke skala 100 dengan rumus:

$$S_{100} = (s / T) \times 100$$

Keterangan : S<sub>100</sub> = skor model mental pada skala 100

S = Skor yang diperoleh peserta didik

T = Skor total

Perhitungan skor N-Gain dilakukan dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Hake (2002), dengan rumus:

$$[g] = \frac{\% \text{ actual gain}}{\% \text{ potential gain}} \times 100 = \frac{\% \text{ skor posttest} - \% \text{ skor pretes}}{100 - \% \text{ skor pretes}}$$

Kriteria N-Gainnya adalah (1) pembelajaran dengan skor N-Gain “tinggi,” jika gain > 0,7; (2) pembelajaran dengan skor N-Gain “sedang,” jika gain terletak antara 0,3 < gain ≤ 0,7; dan (3) pembelajaran dengan skor N-Gain “rendah,” jika

gain  $\leq 0,3$  (Hake, 2002). Analisis deksriptif menggunakan skor N-Gain juga dilakukan terhadap data tes tingkat pencapaian hasil belajar peserta didik.

#### 4) Analisis statistik inferensial data kuantitatif

Analisis inferensial dilakukan terhadap data berupa skor N-Gain model mental dan pencapaian hasil belajar peserta didik menggunakan uji statistik Anova serta uji perbedaan rerata (uji-t) berdasarkan perbedaan model pembelajaran.

Data hasil pencapaian belajar peserta didik pada pembelajaran kimia ditentukan melalui skor N-Gain, yaitu selisih antara skor *posttest* dan *Pretest*. Analisis data hasil belajar peserta didik (*posttest* maupun *pretest*) diperoleh dari hasil penilaian atas jawaban peserta didik terhadap soal tes pilihan ganda 5 opsi. Bila benar diberi skor 1 dan bila salah atau tidak menjawab diberi skor 0, kemudian data ini dianalisis dengan membandingkan antara skor N-Gain yang diperoleh peserta didik kelas pembelajaran dengan model yang dikembangkan (kelas eksperimen) dengan skor N-Gain peserta didik kelas pembelajaran menggunakan model konvensional (kelas kontrol).

Berdasarkan skor N-Gain (model mental dan hasil belajar), selanjutnya dilakukan analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan adalah analisis inferensial menggunakan analisis varians (Anova) dua jalur dan analisis perbedaan rerata dari dua sampel independen dengan uji-t. Analisis tersebut memerlukan syarat normalitas dan homogenitas. Uji normalitas dilakukan dengan menguji uji *Kosmogorv-Semorniv* (K-S). Uji homogenitas dengan menggunakan uji *Levenes*. Uji homogenitas bertujuan untuk menentukan apakah varian yang akan diuji dalam penelitian tersebut homogen atau tidak.

Uji Anova dua jalur tersebut kadangkala memerlukan uji lanjutan, bergantung pada kriteria uji apakah terima  $H_0$  atau tolak  $H_0$ . Jika pada interaksi terdapat kriteria tolak  $H_0$ , maka diperlukan uji lanjutan (Montgomery, 2010), yaitu uji-*tukey* (jika varian homogen) dan uji-*tamhane* (jika varian tidak homogen). Perhitungan yang dilakukan menggunakan bantuan software SPSS versi 20.



## BAB V SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki 4 (empat) fase pembelajaran, yaitu konstruksi, adaptasi-elaborasi, konfirmasi, dan evaluasi dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model pembelajaran *SiMaEXE* memiliki karakteristik utama, yaitu konstruktif, adaptif-elaboratif, bernalar deduktif, dan *learning to happiness* sehingga peserta didik mampu memahami materi kimia yang bersifat abstrak dan kompleks yang mengandung tiga level representasi fenomena kimia. Model pembelajaran *SiMaEXE* juga mampu mendidik peserta didik untuk memahami kimia ditinjau dari perspektif sosial sesuai dengan teori piramida fenomena kimia Mahaffy.
2. Model pembelajaran *SiMaEXE* hasil pengembangan ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran kimia di sekolah dalam meningkatkan model mental dan SRTB. Kelayakan model pembelajaran *SiMaEXE* dikarenakan tingkat validitas isi dan validitas konstruk yang tinggi, respon peserta didik yang positif pada pelaksanaan pembelajaran, kepraktisan yang tinggi dari hasil pengelolaan pembelajaran yang dilakukan guru, dan efektif dalam membangun model mental dan SRTB dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional/*SiMaYang*.
3. Model pembelajaran *SiMaEXE* mampu menghasilkan model mental dan SRTB peserta didik yang didominasi oleh kategori “baik” dan “sangat baik.” Model pembelajaran *SiMaEXE* juga mampu menjelaskan bahwa model mental dan SRTB memiliki hubungan yang kuat satu dengan yang lainnya, sehingga model mental dan SRTB sangat penting dalam pembelajaran kimia untuk memahami materi kimia yang bersifat abstrak dan kompleks yang mengandung tiga level representasi fenomena kimia.

## B. Implikasi

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi sebagaimana telah dirumuskan pada kesimpulan, antara lain:

1. Model pembelajaran *SiMaEXE* dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran kimia dengan topik-topik lainnya, terutama pada materi kimia yang bersifat abstrak dan sulit dipahami oleh peserta didik. Model ini juga dapat digunakan untuk pembelajaran materi-materi selain kimia, khususnya topik materi yang abstrak seperti matematika, fisika, biologi, dan materi lainnya.
2. Model mental dan SRTB pada pembelajaran kimia sangat penting, agar peserta didik mampu memahami materi kimia dengan cara menginterpretasikan tiga level representasi fenomena kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik), serta mendidik peserta didik untuk memahami materi kimia ditinjau dari perspektif sosial. Model pembelajaran *SiMaEXE* memberikan gambaran bahwa menggunakan model ini mampu menghasilkan tingkat berpikir dan bernalar peserta didik yang tinggi, tingkat keberanian peserta didik yang baik dalam mengambil kesimpulan secara benar dan keilmuan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil model mental dan SRTB berkategori “baik” dan “sangat baik.”
3. Model pembelajaran *SiMaEXE* memberi gambaran bahwa dalam belajar kimia, peserta didik tidak hanya dituntut untuk memahami kimia berdasarkan hasil belajarnya saja (*output*), tetapi peserta didik dididik untuk memiliki nilai agar dapat mengetahui dampak-dampak yang akan ditimbulkan dari bahan/senyawa kimia ditinjau dari perspektif sosial (*outcome*).
4. Model pembelajaran *SiMaEXE* memberi gambaran bahwa model ini dapat merangsang peserta didik merubah cara berpikir/*mindset* yang tidak mau berubah (*fix mindset*) menjadi peserta didik yang mau merubah cara berpikirnya (*growth mindset*). Ketertarikan dan kemenarikan model pembelajaran ini, serta model yang mampu menyesuaikan dengan perilaku belajar peserta didik abad 21 yang lebih cenderung menggunakan pembelajaran berbasis teknologi informasi, mampu merubah *fix mindset* menjadi *growth mindset* peserta didik.

5. Model pembelajaran *SiMaEXE* mampu mensejajarkan kemampuan awal peserta didik yang tinggi, sedang, dan rendah dalam membentuk model mental dan SRTB kategori baik dan sangat baik.
6. Model pembelajaran *SiMaEXE* mampu melatih peserta didik untuk berpikir secara sistematis dan bernalar secara deduktif dalam memahami materi-materi kimia yang abstrak dan kompleks, dengan cara memberikan kebebasan berekspressi mencari informasi//pengetahuan secara mandiri melalui internet, memberikan kebebasan ruang dan waktu, dan belajar dimana saja dan kapan saja.

### C. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kelemahan-kelemahan dari model pembelajaran *SiMaEXE*, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

#### 1. Guru:

- a. Sesuai dengan perilaku belajar peserta didik abad 21 yang cenderung menggunakan cara belajar berbasis teknologi informasi, hendaknya guru harus memiliki kompetensi dan skill yang baik tentang teknologi informasi, sehingga guru mampu mengelola pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran.
- b. Guru yang memiliki *fix mindset* yang tidak mau belajar tentang teknologi informasi, sebaiknya berkolaborasi dengan guru yang memiliki *growth mindset* dan atau dengan guru yang memiliki skill yang baik tentang teknologi informasi, sehingga terjadi kolaborasi di antara guru dalam mendukung proses pembelajaran yang sesuai dengan perilaku peserta didik abad 21.
- c. Hendaknya model pembelajaran yang digunakan guru pada abad 21 adalah model pembelajaran berbasis teknologi informasi.
- d. Bagi guru dan peserta didik yang akan menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE* harus melakukan registrasi terlebih dahulu ke tim *SiMaEXE*, agar bisa mengakses aplikasi *EXE Mode* yang akan digunakan.

- e. Guru dapat menggunakan aplikasi *EXE Mode* untuk sintak pembelajaran selain *SiMaEXE* yang akan dipandu oleh tim *SiMaEXE*.
- f. Persepsi dan kemampuan peserta didik dalam meinterpretasikan tiga level fenomena kimia khususnya level submikroskopis berbeda-beda, tergantung dari bagaimana penalaran yang terbentuk dalam memori kerja (*working memory*). Ketika seseorang menginterpretasikan sesuai dengan persepsinya tidak berarti itu tidak mendekati kebenaran keilmuan. Hal ini mengisyaratkan bahwa guru harus memiliki model mental yang baik dalam membuat kesimpulan (penilaian) atas hasil belajar peserta didik, oleh karena itu guru harus lebih paham atau guru harus memiliki model mental yang baik.

## 2. Penelitian selanjutnya:

- a. Penelitian lebih lanjut menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE* dapat diterapkan untuk topik/materi lain dalam pembelajaran kimia yang mengandung tiga level representasi fenomena kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik) sehingga dapat diketahui apakah model mental dan SRTB yang terbentuk didominasi oleh kategori baik dan sangat baik. Penelitian lebih lanjut hendaknya mengelompokkan kategori model mental (sangat baik, baik, sedang, buruk, dan buruk sekali) untuk diuji SRTB, sehingga dapat diketahui secara empirik hubungan model mental dengan SRTB.
- b. Instrumen SRTB sebaiknya menyesuaikan dengan proses pengamatan pada saat implementasi model pembelajaran *SiMaEXE*, sehingga hasil SRTB yang diperoleh berdasarkan pengamatan observer bukan berdasarkan hasil angket pernyataan SRTB peserta didik.
- c. Penelitian lebih lanjut diharapkan mampu menggunakan model pembelajaran *SiMaEXE* untuk menguji keterampilan berpikir tingkat tinggi dan keterampilan berpikir kritis dan kreatif.
- d. Penelitian lebih lanjut diharapkan untuk meneliti secara khusus pengaruh model pembelajaran *SiMaEXE* terhadap cara berpikir/*mindset* peserta didik (*fix mindset vs growth mindset*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adytia, P. F., & Dwiningsih, K. (2018). Developing student worksheet oriented to science literacy in chemical bonding matter to train students science literacy ability in senior high school. *Seminar Nasional Kimia*, 192–200.  
<https://doi.org/10.2991/snk-18.2018.44>
- Aikenhead, G. S. (2003). Chemistry and physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(2), 115-130.  
<https://doi.org/10.1039/B2RP90041F>
- Aliah, Phang binti Abdullah, F. (2009). Fatin Aliah PHANG binti Abdullah (PhD in Education) The Patterns of Physics Problem-Solving from the Perspective of Metacognition. New Hall (Murray Edwards College ), Faculty of Education, degree of(May), 360.  
<http://people.ds.cam.ac.uk/kst24/ResearchStudents/Abdullah2006metacognition.pdf>
- Ainsworth, S. (1999). *The functions of multiple representations*, 33, 131–152.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. *Issues in Design and Technology Teaching*, 57–80. <https://doi.org/10.4324/9780203165089-11>
- Akdağ, E., Köksal, M. & Ertekin, P. (2017). Üstün yetenekli ortaokul öğrencilerinin fen öğrenmede zihinsel risk alma davranışlarının sınıf düzeyi ve cinsiyet değişkenleri açısından incelenmesi [Investigating gifted middle school students' intellectual risk-taking behaviors in learning science across gender and grade]. *Journal of Social Sciences Institute*, 4(2), 16-25.  
<https://doi.org/10.30803/adusobed.321024>
- Akker, J. V. (1999). Principles and methods of development research: Design approaches and tools in education and training. <http://bit.ly/3LUkHvV>
- Akker, J. Van. (1999). *The Role for e-learning in engineering education: Creating quality support structures to complement traditional learning*. Kluwer Academic Publishers.
- Ali. (1995). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka.

- Aliah Phang binti Abdullah, F. (2009). Fatin Aliah PHANG binti Abdullah (PhD in Education) The patterns of physics problem-solving from the perspective of metacognition. *New Hall (Murray Edwards College ), Faculty of Education, degree of(May)*, 360.  
<http://people.ds.cam.ac.uk/kst24/ResearchStudents/Abdullah2006metacognition.pdf>
- Allee-Smith, P. J., Im, M. H., Hughes, J. N., & Clemens, N. H. (2018). Mentor support provisions scale: Measure dimensionality, measurement invariance, and associations with adolescent school functioning. *Journal of School Psychology, 67*, 69-87.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsp.2017.09.006>
- Alkham, F. F., Haryani, S., Ridlo, S., & Semarang, U. N. (2021). Understanding the macroscopic, microscopic, and symbolic levels of angiosperms through *SiMaYang* type II learning. *Journal of Innovative Science Education 10(37)*, 298–305.
- Allmond, S., Hillman, J., Huntly, K., Makar, K., & O'brien, M. (2016). Assessing children's progress in taking intellectual risks in a mathematical inquiry classroom with a positive learning approach. *Opening up Mathematics Education Research*, 94–101.  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED572408.pdf>
- Allouche, A. (2012). Software news and updates Gabedit: A graphical user interface for computational chemistry softwares. *Journal of Computational Chemistry, 32*, 174–182. <https://doi.org/10.1002/jcc>
- Andina, R. E., Ridwan, A., & Rahmawati, Y. (2017). Analisis model mental peserta didik pada materi hidrolisis garam di Klaten. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*.
- Andrews, R., Sadoski, M., & Paivio, A. (2002). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing/response. British Journal of Educational Psychology; Leicester, 72*, 147.
- Anggiat. M. S dan Hadiati. S., (2001). Pemberdayaan sumber daya manusia. Jakarta: Lembaga Administarsi Negara Republik Indonesia.
- Anwar, K., Sunyono, & Kadaritna, N. (2015). Pembelajaran model *SiMaYang* tipe II untuk meningkatkan model mental dan penguasaan konsep. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia, 4(3)*, 795–806.
- Aoki, K. (2008). Confucius vs. socrates: The impact of educational traditions of East and West in a global age. *International Journal of Learning, 14(11)*, 35-40.  
<https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v14i11/45519>

- Arends, R.L. 1997. *Classroom instruction and management*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Arsyad, A. (2011). *Media pembelajaran*. PT. Raja Grafindo Persada.
- Astuti, S. P. (2015). Pengaruh kemampuan awal dan minat belajar terhadap prestasi belajar fisika. *Jurnal Formatif*, 5(1), 68-75.
- Avargil, S. (2019). Learning chemistry: Self-efficacy, chemical understanding, and graphing skills. *Journal of Science Education and Technology*, 28(4), 285-298.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-018-9765-x>
- Azwar, S. (2017). *Metode penelitian psikologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189–208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.005>
- Bait, D. J., Duengo, S., & Kilo, A. La. (2018). Pengaruh model pembelajaran *SiMaYang* tipe II terhadap peningkatan kemampuan representasi kimia peserta didik kelas X pada materi larutan elektrolit dan nonelektrolit di .... *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 13, 157–163.  
<https://www.neliti.com/publications/277421/pengaruh-model-pembelajaran-SiMaYang-tipe-ii-terhadap-peningkatan-kemampuan-repr>
- Bal-Incebacak, B., Yaman, S., & Sarişan-Tungaç, A. (2019). The relation between intellectual risk-taking regarding science classes and tes anxiety inventory of secondary school. *South African Journal of Education*, 39(1).  
<https://doi.org/10.15700/saje.v39n1a1670>
- Bandura, A. (1986). The explanatory and predictive scope of self-efficacy theory. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 4(3), 359-373.  
<https://doi.org/10.1521/jscp.1986.4.3.359>
- Beghetto, R. A. (2009). Correlates of intellectual risk taking in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 210–223.  
<https://doi.org/10.1002/tea.20270>
- Berg & Kune, 2009 Berg, Bruce L.; & Howard Lune (2009). *Qualitative research methods for the social sciences*. Boston: Pearson

- Bernacky, L. M., Malach, N. J. T., Richey, J. E., & Belenky, M. D. (2016). Science diaries: A brief writing intervention to improve motivation to learn science. *Educational Psychology, 44*.
- Bodner, M. G., & Domin, D. S. (2000). Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry. *University Chemistry Education, 4*(1), 24–30.
- Borges, A. T., & K, G. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education, 21*(1), 95–117.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/095006999290859>
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational research: an introduction*. London. Longman, Inc.
- Bower, G. H., & Morrow, G. (1990). Mental models in narrative comprehension. *Science, 247*, 44-48
- Brekelmans, M., Mainhard, T., den Brok, P., & Wubbels, T. (2011). Teacher control and affiliation: Do students and teachers agree? *The Journal of Classroom Interaction, 46*(1), 17-26.  
<https://bit.ly/3V3F6Q1>
- Brígido, M., Borrachero, A. B., Bermejo, M. L., & Mellado, V. (2013). Prospective primary teachers' self-efficacy and emotions in science teaching. *European Journal of Teacher Education, 36*(2), 200-217.  
<https://doi.org/10.1080/02619768.2012.686993>
- Brock, A., & Hundley, H. (2020). *Growth mindset*.
- Byrnes, J. P., Miller, D. C., & Schafer, W. D. (1999). Gender differences in risk taking: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 125*(3), 367–383.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.3.367>
- Çakır, E., & Yaman, S. (2015). Ortaokul öğrencilerinin zihinsel risk alma becerileri ve üst bilişsel farkındalıkları ile akademik başarıları arasındaki ilişki [The relationship between secondary school students' mental risk taking skills and metacognitive awareness and academic achievement]. *Gazi Journal of Educational Sciences, 1*(2), 163-178. <https://bit.ly/3W5Gjb5>
- Caleon, I. S., Wui, M. G. L., Chiam, C. L., King, R. B., Tan, J. P. L., & Tan, C. S. (2017). Personal strengths and perceived teacher support as predictors of Singapore students' academic risk status. *Educational Psychology, 37*(8), 983-1000.  
<https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1259460>



- Campbell, J., Smith, D., Boulton-Lewis, G., Brownlee, J., Burnett, P. C., Carrington, S., & Purdie, N. (2001). Students' perceptions of teaching and learning: The influence of students' approaches to learning and teachers' approaches to teaching. *Teachers and Teaching*, 7(2), 173-187. <https://doi.org/10.1080/13540600120054964>
- Cañas, J. J., Antolí, A., & Quesada, J. F. (2001). The role of working memory on measuring mental models of physical systems. *Psicológica*, 22(1), 25-42.
- Carlson, R., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Learning and understanding science instructional material. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 629-640. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.629>
- Cheng, M. M. W. (2018). Students' visualisation of chemical reactions-insights into the particle model and the atomic model. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 227-239. <https://doi.org/10.1039/c6rp00235h>
- Cheung, D. (2009). Students' attitudes toward chemistry lessons: The interaction effect between grade level and gender. *Research in Science Education*, 39(1), 75-91. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9075-4>
- Chittleborough, Gail and Treagust, D. F. (2007). The role of teaching models and chemical representation in developing mental models of chemical phenomena. *Management Research News*, 30(12), 878-891.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463-482. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9059-4>
- Cilliers, E.J. 2017. The challenge of teaching gen z. *International Journal of Social Sciences*, 3, 188-198.
- Cin, M. (2013). Undergraduate students' mental models of hailstone formation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(1), 163-174.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education both the science and practice of education depend on a firm understanding of many psychological phenomena, including such cognitive topics. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
- Clifford, M. M. (1991). Risk taking: Theoretical, empirical, and educational considerations. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 263-297. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653135>

- Cobb, P. (1994). Where is the mind? *Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. Educational Researcher, 23*(7), 13–20. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007013>
- Coll, R. K. (2008). Chemistry learners' preferred mental models for chemical bonding. *Journal of Turkish Science Education, 5*(1), 22–47.
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education, 31*(3), 357–382. <https://doi.org/10.1023/A:1013159927352>
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(5), 464–486. <https://doi.org/10.1002/tea.10085>
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 77*(1), 113–143. <https://doi.org/10.3102/003465430298563>
- Cortés, A. B. B., Acedo, M. A. D., & Borrego, E. C. (2016). Emociones y capacidad para aprender materias de ciencias en educación secundaria [Emotions and ability to learn science subjects in secondary education]. *Ensenanza Y Aprendizaje De Las Ciencias, 35*(1), 247–255. <http://bit.ly/3kIE93L>
- Costa, A. da, Hanurawan, F., Atmoko, A., & Hitipiew, I. (2016). Peranan filsafat konstruktivisme dalam pendidikan bimbingan dan konseling. Seminar Nasional “Konseling Krisis,” 40–49.
- Cousins, A. (2007). Gender inclusivity in secondary chemistry: A study of male and female participation in secondary school chemistry. *International Journal of Science Education, 29*(6), 711–730. <https://doi.org/10.1080/09500690600823508>
- Cowan, N. (1998). Visual and auditory WM capacity. In *Trends in cognitive sciences, 2*(3), 77–78.
- Craik, K. (1943). *The nature of explanation*. Cambridge University Press, Cambridge
- Creswell, J. W. (2003). *Research design qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publication
- Dalgety, J., & Coll, R. K. (2006). The influence of first-year chemistry students' learning experiences on their educational choices. *Assessment & Evaluation*

*in Higher Education*, 31(3), 303-328.  
<https://doi.org/10.1080/02602930500352931>

Darmansyah. (2010). *Strategi pembelajaran menyenangkan dengan humor*. Bumi Aksara, Jakarta.

Darmiyanti, W., Rahmawati, Y., Kurniadewi, F., & Ridwan, A. (2017). Analisis model mental siswa dalam penerapan model pembelajaran learning cycle 8E pada materi hidrolisis garam. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 1(1), 38-51.

Norman, D.A. (1983). Some observations on mental models. (In D. Gentner, and A. L. Stevens (Eds.) *Mental model*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Davidowitz, B., Chittleborough, G., & Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: A useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 154–164. <https://doi.org/10.1039/c005464j>

Dávila-Acedo, M. A., Sánchez-Martín, J., Airado-Rodríguez, D., & Cañada-Cañada, F. (2022). Impact of an active learning methodology on students' emotions and self-efficacy beliefs towards the learning of chemical reactions- the case of secondary education students. *Education Sciences*, 12(5), Article12050347. <https://doi.org/10.3390/educsci12050347>

Deardorff, D. K. (2020). (Re) Learning to live together in 2020. *Journal of International Students*, 10(4). <https://doi.org/10.32674/jis.v10i4.3169>

De Broucker, P., Bordt, M., Read, C., Harris, S., & Zhang, Y. (2001). Determinants of science and technology skills: Overview of the study. *Education Quarterly Review*, 8(1), 8-11. <https://bit.ly/3uYahSf>

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2004). *Handbook of self-determination research*. University Rochester Press. <https://bit.ly/3W6IAmf>

De Jong, O., & Taber, K. S. (2014). The many faces of high school chemistry. *Handbook of Research on Science Education*, 2, 457–480. <https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch23>

den Brok, P., Bergen, T., Stahl, R. J., & Brekelmans, M. (2004). Students' perceptions of teacher control behaviors. *Learning and Instruction*, 14(4), 425-443. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.01.004>

DePorter, Bobbi, Reardon, Mark, Singer, Nourie, & Sarah. (1999). *Quantum teaching: Mempraktikkan quantum learning di ruang-ruang kelas*. Penerbit Kaifa, Bandung.

- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education*, 39(2), 157–179. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9077-2>
- Dhindsa, H. S., & Treagust, D. F. (2014). Prospective pedagogy for teaching chemical bonding for smart and sustainable learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 435–446. <https://doi.org/10.1039/C4RP00059E>
- Djoa, Sunyono, Maydiantoro, A., & Puja Kesuma, T.A.R. (2021). The *eXe learning* as a solution to the problem of the three phenomena of chemistry learning stages: A literature review. *International Journal of Education and Information Technologies*, (15), 168–175. <https://doi.org/10.46300/9109.2021.15.17>
- Dodge, R., Daly, A. P., Huyton, J., & Sanders, L. D. (2012) The challenge of defining wellbeing. *International Journal of Wellbeing*, 2, 222–235.
- Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, 79(4), 481–492. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.4.481>
- Effendy. (2008). *Kimia untuk peserta didik SMA*. Banyumedia.
- Eilam, B., & Poyas, Y. (2010). External visual representations in science learning: The case of relations among system components. *International Journal of Science Education*, 32(17), 2335–2366. <https://doi.org/10.1080/09500690903503096>
- Jariati, E., & Yenti, E. (2020). Pengembangan e-magazine berbasis *multiple representasi* untuk pembelajaran kimia SMA pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(2), 138-150.
- Evans, C., & Kozhevnikova, M. (2011). Styles of practice: How learning is affected by students' and teachers' perceptions and beliefs, conceptions and approaches to learning. *Research Papers in Education*, 26(2), 133-148. <https://doi.org/10.1080/02671522.2011.561973>
- Eymur, G., & Geban, Ö. (2017). The collaboration of cooperative learning and conceptual change: Enhancing the students' understanding of chemical bonding concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 853–871. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9716-z>
- Faitar, G. M., & Faitar, S. L. (2013). Teachers' influence on students' science career choices. *American International Journal of Social Science*, 2(5), 10-16.

<https://bit.ly/3YB92Gq>

- Ferrell, B., Phillips, M. M., & Barbera, J. (2016). Connecting achievement motivation to performance in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1054-1066.  
<https://doi.org/10.1039/C6RP00148C>
- Farheen, A., & Lewis, S. E. (2021). The impact of representations of chemical bonding on students' predictions of chemical properties. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4), 1035–1053.  
<https://doi.org/10.1039/D1RP00070E>
- Firmansyah, M. A. (2017). Peran kemampuan awal matematika dan belief matematika terhadap hasil belajar. *Jurnal Pendidikan Matematika* 1(1). 55-68
- Fitri, A. (2016). Meningkatkan hasil belajar peserta didik menggunakan model pembelajaran *SiMaYang* materi kelarutan dan hasil kelarutan (Ksp). *Quantum, Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 7(2), 109–120.
- Flynn, A. B., & Featherstone, R. B. (2017). What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams, *Chemistry Education Research Practicum*, 11(4), 293–301.
- Forrester, J. (1994). *Industrial Dynamics*. Productivity Press.
- Fredricks, J. A., & Eccles, J. S. (2002). Children's competence and value beliefs from childhood through adolescence: Growth trajectories in two male-sex-typed domains. *Developmental Psychology*, 38(4), 519-533.  
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.38.4.519>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009a). *Multiple representations in chemical education*.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009b). Multiple representation in chemicals education. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 4.
- Gist, M. E., & Mitchell, T. R. (1992). Self-efficacy: A theoretical analysis of its determinants and malleability. *Academy of Management Review*, 17(2), 183-211. <https://doi.org/10.2307/258770>
- Glaserfeld, E. von. (1995). *Constructivism in Education* (L. P. Steffe & J. Gale (1st Ed.)). <https://doi.org/10.4324/9780203052600>
- Glynn, SM, & Duit, R. (1995). Belajar sains di sekolah: Riset praktek reformasi. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>
- Haenilaih, E. Y., Hariri, H., Ochayi, O. A., Maydiantoro, A., Zainaro, M. A., Bolado, J. R. T., & Isnainy, U. C. (2022). Literature review of good teachers: The attributes and gaps of Indonesian teachers as a profession. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 11(2), 175-175.
- Hair, J. F., Hult, G. T., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2017). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *European Journal of Tourism Research*, 6(2), 211-213. <https://doi.org/10.15358/9783800653614>
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Gudergan, S. P. (2018). *An overview of recent and emerging developments in PLS-SEM: Advanced issues in partial least squares structural equation modeling* (2nd Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. <https://doi.org/10.3926/oss.37>
- Halim, N. D. A., Ali, M. B., Yahaya, N., & Said, M. N. H. M. (2013). Mental model in learning chemical bonding: A preliminary study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 97, 224–228. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.226>
- Halpern-Felsher, B. L., Biehl, M., Kropp, R. Y., & Rubinstein, M. L. (2004). Perceived risks and benefits of smoking: Differences among adolescents with different smoking experiences and intentions. *Preventive Medicine*, 39(3), 559-567. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.02.017>
- Han, K., & Scull, W. (2010). Confucius culture in the mainstream classroom: A case study of an Asian American student. *International Journal of Learning*, 17(1), 601-616. <https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v17i01/46794>
- Haris, M., & Al Idrus, S. W. (2011). Analisis kesulitan belajar ikatan kimia ditinjau dari kesalahan konsep peserta didik kelas X SMA Negeri 3 Mataram tahun pelajaran 2007/2008 [Analysis of difficulties in learning chemical bonds in view of misconceptions of class X students of SMA Negeri 3 Mataram academic year 2007/2008]. *Jurnal Pijar MIPA*, 6(2), 77-80. <https://doi.org/10.29303/jpm.v6i2.127>
- Harrison, Alan G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381.
- Harrison, Allan G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*,

98(8), 420–429. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17434.x>

- Henseler, J., Dijkstra, T. K., Sarstedt, M., Ringle, C. M., Diamantopoulos, A., Straub, D. W., Ketchen, D. J., Hair, J. F., Hult, G. T. M., & Calantone, R. J. (2014). Common beliefs and reality about partial least squares: Comments on Rönkkö & Evermann (2013). *Organizational Research Methods*, 17(2), 182–209. <https://doi.org/10.1177/1094428114526928>
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction. In E. van den Berg, T. Ellermeijer, & O. Slooten (Eds.), *Proceedings GIREP Conference 2006: Modelling in Physics and Physics Education* (pp. 34–65). Amsterdam, The Netherlands
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1(2), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2006.09.001>
- Hochanadel, A., & Finamore, D. (2015). Fixed and growth mindset in education and how grit helps students persist in the face of adversity. *Journal of International Education Research*, 11(1), 47–50. <https://doi.org/10.19030/jier.v11i1.9099>
- Holme, T. A., Luxford, C. J., & Brandriet, A. (2015). Defining conceptual understanding in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92(9), 1477–1483.
- Hong, Z. R. (2010). Effects of a Collaborative science intervention on high achieving students' learning anxiety and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 32(15), 1971–1988. <https://doi.org/10.1080/09500690903229304>
- Howe, A. C. (1996). Development of science concepts within a Vygotskian framework. *Science Education*, 80(1), 35–51. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199601\)80:1<35::AID-SCE3>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199601)80:1<35::AID-SCE3>3.0.CO;2-3)
- Hunt, J. E., & Tuccianore, J. (2011). The challenges and oportunities of teaching generation Y. *Journal of Graduate Medical Education*, 3(4), 458–461. <https://doi.org/10.4300/JGME-03-04-15>
- IImi, Z., Darma, D. C., & Azis, M. (2020). Independence in learning, education management, and industry 4.0: Habitat Indonesia during COVID-19. *Journal of Anthropology of Sport and Physical Education*, 4(4), 63–66. <https://doi.org/10.26773/jaspe.201010>
- Ilyasa, D. G., & Dwiningsih, K. (2020). Model *multimedia* interaktif berbasis unity untuk meningkatkan hasil belajar ikatan ion. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*

14(2), 2572-2584.

- Indriyanti, N. Y., Saputro, S., & Sungkar, R. L. (2020). Problem-solving and problem-posing learning model enriched with the multiple representation in tetrahedral chemistry to enhance students' conceptual understanding. *Edusains*, 12(1), 123–134. <https://doi.org/10.15408/es.v12i1.13282>
- Jaber, L. Z., & Boujaoude, S., (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7). 973–998
- Jansoon, N., Cooll, R. K., & Somsook, E. (2009). Understanding mental models of dilution in Thai students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 147–168.
- Jegede, S. (2007). Students' anxiety towards the learning of chemistry in some Nigerian secondary schools. *Educational Research and Review*, 2(7), 193-197.
- Johnstone, A. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9). <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry logical or psychological. chemistry education. *Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Joki, J., & Aksela, M. (2018). The challenges of learning and teaching chemical bonding at different school levels using electrostatic interactions instead of the oktet rule as a teaching model. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 932–953. <https://doi.org/10.1039/c8rp00110c>
- Jone, M. G., & Carter, G. (2007). Teachers-attitudes. *Handbook of Research on Science Education*.
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180-192. <https://doi.org/fm7sd2>
- Joyce, B., and Weil, M. 1992. *Models of teaching* (4th Ed.). Allyn and Bacon. Boston.
- Karaçam, S., & Bilir, V. (2021). Evaluation of mental models of prospective science teachers on chemical reactions. *Journal of Pedagogical Research*, 5(1), 258–274. <https://doi.org/10.33902/jpr.2021167800>
- Kartono. 2000. *Dasar-dasar Psikologi Pendidikan*. Rosdakarya, Bandung.



- Keehner, M., Hegarty, M., Cohen, C., Khooshabeh, P., & Montello, D. (2008). Spatial reasoning with external visualizations: What matters is what you see, not whether you interact. *Cognitive Science*, 32(7), 1099–1132. <https://doi.org/10.1080/03640210801898177>
- Kim, H.-B., Fisher, D. L., & Fraser, B. J. (2000). Classroom environment and teacher interpersonal behaviour in secondary science classes in Korea. *Evaluation & Research in Education*, 14(1), 3-22.
- Küçükaydın, M. A. (2021). Examination of elementary school students' scientific attitudes and intellectual risk taking behaviours. *Science Education International*, 32(2), 149–158. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.8>
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15(5), 381-395.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.
- Lajium, D. A. D. 2013. Students' mental models of chemical reactions. Disertasi yang tidak dipublikasikan.
- Laliyo, A. R. L. (2011). Model mental peserta didik dalam memahami perubahan wujud zat. *Jurnal Penelitian Dan Pendidikan*, 8(1), 1–12.
- Langford, C. P. H., Bowsher, J., Maloney, J. P., & Lillis, P. P. Social support: A conceptual analysis. *Journal of Advanced Nursing*, 25(1), 95-100.
- Latipah, J., Jamilah, S. N., Sari, S. T., & Almubarak. (2021). Analysis of student's mental model through representation chemistry textbooks based on augmented reality. *Journal of Physics: Conference Series*, 1760(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1760/1/012050>
- Lawson, M. J., Vosniadou, S., Van Deur, P., Wyr, M., & Jeffries, D. (2019). Teachers' and students' belief systems about the self-regulation of learning. *Educational Psychology Review*, 31(1), 223-251.
- Lazarová, B., Hlad'o, P., & Hloušková, L. (2019). Perception of teacher support by students in vocational education and its associations with career adaptability and other variables. *Psychology in Russia: State of the Art*, 12(4), 47-64.
- Levy, J., Wubbels, T., Den Brok, P., & Brekelmans, M. (2003). Students' perceptions of interpersonal aspects of the learning environment. *Learning Environments Research*, 6(1), 5-36.

- Libao, N. J. P., Sagun, J. J. B., Tamangan, E. A., Pattalitan, A. P., Dupa, M. E. D., & Bautista, R. G. (2016). Science learning motivation as correlate of students' academic performances. *Journal of Technology and Science Education*, 6(3), 209–218. <https://doi.org/10.3926/jotse.231>
- Litbang Kemdikbud. 2013. Pergeseran Paradigma Belajar Abad 21. Kemdikbud Jakarta
- Loeng, S. 2020. Self-directed learning: A core concept in adult education. *Education Research International*
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., & Kunter, M. (2009). Assessing the impact of learning environments: How to use student ratings of classroom or school characteristics in multilevel modeling. *Contemporary Educational Psychology*, 34(2), 120-131.
- Lyons, T. (2006). The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, 36(3), 285-311.
- Pikoli, M., & Sukertini, K., & Isa, I. (2022). Analisis model mental peserta didik dalam mentransformasikan konsep laju reaksi melalui *multiple representasi*. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 4(1).
- Ma, X., & Bateson, D. J. (1999). A multivariate analysis of the relationship between attitude toward science and attitude toward the environment. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 27–32. <https://doi.org/10.1080/00958969909598629>
- Magnesen, V. A. (1983). A review of findings from learning and memory retention studies. *Innovation Abstracts*, 5(25). <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED234878&site=ehost-live>
- Mahaffy, P. (2006). Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry: Union carbide award for chemical education. *Journal of Chemical Education*, 83(1), 49–55. <https://doi.org/10.1021/ed083p49>
- Maisaro, D., Rudibyani, R. B., & Sofya, E. (2017). Pembelajaran discovery learning untuk meningkatkan model mental dan penguasaan konsep siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 6(2), 334-346.
- Mandasari, N. (2018). Elaborasi kognitif dalam proses abstraksi konsep matematika. Prosiding Seminar Nasional 21 Universitas PGRI Palembang 05 Mei 2018, 399–405.

- Masnick, A. M., Valenti, S. S., Cox, B. D., & Osman, C. J. (2010). A multidimensional scaling analysis of students' attitudes about science careers. *International Journal of Science Education, 32*(5), 653-667.
- Mason, L., Tornatora, M. C., & Pluchino, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers and Education, 60*(1), 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.011>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of *multimedia* learning. In *The Cambridge handbook of multimedia learning*.
- McBroom, R. A. (2011). Pre-Service Science Teachers' Mental Models Regarding Dissolution and Precipitation Reactions.
- McClary, L., & Talanquer, V., (2011). Collage chemistry students' mental model of acid strength. *Journal of Research In Science Teaching, 48*(4), 396-413.
- McMorris, R. F., & Kundert, D. K. (1994). Psychological testing and assessment: An introduction to TESS and measurement (2nd Ed.). *Journal of Psychoeducational Assessment, 12*(4), 401–409. <https://doi.org/10.1177/073428299401200411>
- Meijer, M. R., Bulte, A. W. M., & Pilot, A. (2009). Structure property relations between macro and micro representations: Relevant meso levels in authentic tasks. *Models and Modeling in Science Education, 195–213*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_10)
- Merrill, M. D. (1977). Content analysis via concept elaboration theory. *Journal of Instructional Development, 1*(1), 10–13. <https://doi.org/10.1007/BF02904309>
- Meyer, D. K., Turner, J. C., & Spencer, C. A. (1997). Challenge in a mathematics classroom: Students' motivation and strategies in project-based learning. *The Elementary School Journal, 97*(5), 501–521.
- Miller, P. H., Slawinski Blessing, J., & Schwartz, S. (2006). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education, 28*(4), 363-381.
- Mogos, R. I., Bodea, C. N., Dascalu, M. I., Safonkina, O., Lazarou, E., Trifan, E. L., & Nemoianu, I. V. (2018). Technology enhanced learning for industry 4.0 engineering education. *Revue Roumaine Des Sciences Techniques Serie Electrotechnique et Energetique, 63*(4), 429–435.
- Muljana, P. S., Selco, J., Feldman, R., Gaston, T., & Choi, B. (2020). When chemical bonding is perceived simple and interesting: The design and

- development of a learning object. *International Journal of Designs for Learning*, 11(3), 148–161. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i3.28801>
- Mulyasa, E. (2006). *Implementasi kurikulum 2004 panduan pembelajaran KBK*. Remaja Rosdakarya
- Mumford, D. M., Hester, S. K., Robledo, C. I., Peterson, R. D., Day, A. E., Hougen, F. D., & Barret, D. J. (2012). Mental models and creative problem solving: The relationship of objective and subjective model attributes. *Creativity Research Journal*, 24(4), 311–330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10400419.2012.730008>
- Muniadi, Y. (2008). *Media pembelajaran: Sebuah pendekatan baru*. Gaung Persada Press.
- Munir. (2012). *Konsep & Aplikasi dalam pendidikan*. Alfabeta
- Nahum, T. L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Taber, K. S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179–207. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504548>
- Najjar, L. J., (1995). Dual coding as a possible explanation for the effects of *multimedia* on learning <http://hdl.handle.net/1853/3573>
- Nasution. (2005). *Berbagai pendekatan dalam proses pembelajaran*. Bina Aksara.
- Neihart, M. (1999a). The impact of giftedness on psychological well-being: What does the empirical literature say? *Roeper Review*, 22(1), 10-17.
- Neihart, M. (1999). Systematic risk-taking. *Roeper Review*, 21(4), 289–292. <https://doi.org/10.1080/02783199909553977>
- Nelson, D. J., & Cheng, H. (Eds.). (2017). Diversity in the scientific community vol. 1: Quantifying diversity and formulating success. *American Chemical Society*.
- Nieveen. 1999. *Prototyping to reach product quality*. In Alker, Jan Vander, “Design Approaches and tools in education and training”. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht.
- Nugraha, D. A., VH, E. S., & Masykuri, M. (2013). Efektivitas metode pembelajaran kooperatif think pair share yang dilengkapi media kartu berpasangan (index card match) terhadap prestasi belajar peserta didik pada materi ikatan kimia kelas X semester gasal SMAN 2 Karanganyar tahun pelajaran 2012/2013. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(4), 174-181.

- Nursyam. (2009). Panduan kegiatan pembelajaran eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasi. *Psikologi Perkembangan*, 1–224.
- Oblinger, Diana G., dan Oblinger, James L. 2005. Educating the net generation. [https://net.educause.edu/ir/library/pdf/pub71\\_01.pdf](https://net.educause.edu/ir/library/pdf/pub71_01.pdf), diakses pada 29 April 2017
- Ogunkola, B. J., & Samuel, D. (2011). Science teachers' and students' perceived difficult topics in the integrated science curriculum of lower secondary schools in Barbados. *World Journal of Education*, 1(2), 17-29.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach* (9th Ed.). Oxford University Press.
- Patrick, H., Kaplan, A., & Ryan, A. M. (2011). Positive classroom motivational environments: Convergence between mastery goal structure and classroom social climate. *Journal of Educational Psychology*, 103(2), 367-382.
- Park, E. J. (2006). *Student perception and conceptual development as represented by student mental models of atomic structure*.
- Pazicni, S., & Bauer, C. F. (2014). Characterizing illusions of competence in introductory chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 24-34.
- Peraturan pemerintah no.32 tahun 2013 tentang perubahan peraturan pemerintah No.19 tahun 2005. Stantar Nasional Pendidikan, Jakarta
- Piaget, J. (1988). *Antara tindakan dan pikiran*. Terjemahan Agus Cremers. PT. Gramedia.
- Pikoli, M., (2017). Pengembangan model pembelajaran berorientasi inkuiri terbimbing dengan *multiple representasi* untuk memfasilitasi perubahan konseptual dan retensi peserta didik. Disertasi.
- Plomp. (2013). Educational design research educational. <http://bit.ly/3TS8KsK>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2007). An introduction to educational design research. SLO-Netherland Institute for Curriculum Development. <http://bit.ly/3nsGEb3>
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students'

use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866.

- Puja Kesuma, T. A. R., Sudjarwo, S., Pargito, P., Ridwan, R., Tusianah, R., Isnainy, U. C., & Irawan, E. (2021). Influence and influenced between self-efficacy and principal leadership: A systematic review. *International Journal of Education and Information Technologies*, 15, 157-166.
- Putra, W. B. T. S. (2022). Problems, common beliefs and procedures on the use of partial least squares structural equation modeling in business research. *South Asian Journal of Social Studies and Economics*, 14(1), 1–20.
- Radloff, J., Capobianco, B., & Capobianco, B. (2019). Elementary teachers' positive and practical risk-taking when teaching science through engineering design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 9(2), 51–63. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1208>
- Rahmat & Pupu, S., (2021). *Perkembangan peserta didik*. Jakarta: Bumi Aksara
- Ramayah, T., Cheah, J., Ting, F. C. H., & Memon, M. A. (2017). Partial least squares structural equation modeling using SmartPLS 3.0: An updated and practical guide to statistical analysis (2nd ed.). <http://bit.ly/40EtZA6>
- Reigeluth, C. M. (1979). In search of a better way to organize instruction: The elaboration theory. *Journal of Instructional Development*, 2(3), 8–15. <https://doi.org/10.1007/BF02984374>
- Reniers, R. L., Murphy, L., Lin, A., Bartolomé, S. P., & Wood, S. J. (2016). Risk perception and risk-taking behaviour during adolescence: The influence of personality and gender. *PloS ONE*, 11(4), Article e0153842.
- Rodrigues, S. (2007). Factors that influence pupil engagement with science simulations: The role of distraction, vividness, logic, instruction and prior knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(1), Article b6rp90016j.
- Rouse, W. B., & Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100, 359-363.
- Sadoski, M., & Paivio, A. (2013). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing* (2nd Ed.). Rotledge. <http://bit.ly/3JPvFAf>
- Saefullah, A., Siahaan, P., & Sari, I.M. 2013. Hubungan antara sikap kemandirian belajar dan prestasi belajar peserta didik kelas x pada pembelajaran fisika

- berbasis portofolio. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 1, 26–36.
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547.
- Santrock & John W., (2008). Psikologi Pendidikan. Jakarta: Kencana
- Sarawan, S., & Yuenyong, C. (2018). Thai students' mental model of chemical bonding. AIP Conference Proceedings, 1923(February).  
<https://doi.org/10.1063/1.5019533>
- Saroni & Muhammad, (2006). Manajemen Sekolah: Kiat Menjadi Pendidik yang Kompeten. Jogjakarta: Ar-Ruzz
- Schiersmann, C., Einarsdottir, S., Katsarov, J., Lerkkanen, J., Mulvey, R., Pukelis, K., & Weber, P. (2016). European competence standards for the academic training of career practitioners (Vol. 2). The NICE handbook.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156.  
[https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Schnotz, W., Ullrich, M., Hochpöchler, U., Horz, H., McElvany, N., Schroeder, S., & BaumertJürgen. (2011). What makes text-picture-integration difficult? A structural and procedural analysis of textbook requirements. *Ricerche Di Psicologia*, 33(1), 103–135. <https://doi.org/10.3280/RIP2011-001006>
- Schnotz, W., & Wagner, I. (2018). Construction and elaboration of mental models through strategic conjoint processing of text and pictures. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 850–863.  
<https://doi.org/10.1037/edu0000246>
- Schonborn, K. J., & Anderson, T. R. (2009). A model of factors determining students' ability to interpret external representations in biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31(2), 193–232.  
<https://doi.org/10.1080/09500690701670535>
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach* (7th Ed.). Wiley. <http://bit.ly/40hEfyG>
- Senge, P. M. (2007). The fifth discipline: The art and practice of the learning organization. *Choice Reviews Online*, 44(5). 2797.  
<https://doi.org/10.5860/choice.44-2797>
- Shaffer, D. R. (1996). *Developmental psychology: Childhood and adolescence* (4th editio). Thomson Brooks/Cole Publishing Co.

- Shuell, T. J. (1996). *Teaching and learning in a classroom context*. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.). *Handbook of Educational Psychology*, 726–764. New York: Macmillan.
- Silalahi, T. F., & Hutauruk, A. F. (2020). The application of cooperative learning model during online learning in the pandemic period. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences*, 3(3), 1683–1691.  
<https://doi.org/10.33258/birci.v3i3.1100>
- Silberberg, M. S. (2010). *Principles of general chemistry* (3rd Ed.). Ryan Blankenship.
- Skaar, N. R. (2009). *Development of the adolescent exploratory and risk Behavior rating scale*.
- Slavin, R. E. (2006). *Educational psychology; Theory and practice* (8th Ed.). Pearson Education Inc.
- Slovic, P. (1962). Convergent validation of risk taking measures. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 65(1), 68–71.  
<https://doi.org/10.1037/h0048048>
- Solaz-Portolés, J. J., & Lopez, V. S. (2007). Representations in problem solving in science: Directions for practice. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(4), 1–17.
- Solso, R. L., Maclin, O. H., & Maclin, M. K. (2008). *Psikologi kognitif* (W. Hardani (Ed.)).
- Sterman, J. D. (1987). Modeling managerial behavior: Misperceptions of *feedback* in a dynamic decisionmaking experiment. *Management Science*, 35(3), 321–339.  
<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.35.3.321>
- Strickland, A. M., Kraft, A., & Bhattacharyya, G. (2010). What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(4), 293–301. <https://doi.org/10.1039/C0RP90009E>
- Strum, I. S. (1971). The relationship of creativity and academic risk-taking among fifth grades. *Education Resources Information Center*, 54.
- Suja, I. W., Sudiana, I. K., Redhana, I. W., & Sudria, I. B. N. (2021). Mental model of prospective chemistry teachers on electrolyte and nonelectrolyte solutions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1115(1), 012064.



<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1115/1/012064>

- Suminar, T. (2013). Tinjauan filsafati (ontologi, epistemologi dan aksiologi): Manajemen pembelajaran berbasis teori sibermetik. *Edukasi*, 13(2).
- Sumuer, E. 2018. Factors related to college students' self-directed learning with technology. *Australasian Journal of Educational Technology*.
- Sunyono. (2015). *Model multi representasi*.
- Sunyono. (2020). *Model pembelajaran multiple representasi* (2nd Ed.). Graha Ilmu.
- Sunyono, & Meristin, A. (2019). The effect of multiple representation based scaffolding strategy in improving chemical literacy. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 9(2), 163–175. <https://doi.org/10.23960/jpp.v9.i2.201905>
- Sunyono, S., & Meristin, A. (2018). The effect of multiple representation-based learning (MRL) to increase students' understanding of chemical bonding concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 399–406. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.16219>
- Sunyono & Sudjarwo, S. (2018). Mental models of atomic structure concepts of 11th grade chemistry students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(1).
- Sunyono, S., Wirya, I. W., & Sujadi, G. (2009). Identifikasi masalah kesulitan dalam pembelajaran kimia SMA kelas X di propinsi Lampung [Identification of difficulties in learning chemistry class X high school in Lampung province]. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 10(2), 9-18.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015). Supporting students in learning with multiple representation to improve student mental models on atomic structure concepts. *Science Education International*, 26(2), 104–125.
- Suparno, P. (1997). *Filsafat konstruktivisme dalam pendidikan*. Kanisius.
- Supriadi, S., Ibnu, S., & Yahmin, Y. (2018). Analisis model mental peserta didik pendidikan kimia dalam memahami berbagai jenis reaksi kimia. *Jurnal Pijar Mipa*, 13(1), 1-5. <https://doi.org/10.29303/jpm.v13i1.433>
- Suyanti, S., Sunyono, S., & Efkar, T. (2016). Hubungan efikasi diri dan kemampuan metakognisi dengan penguasaan konsep kimia menggunakan model SiMaYang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 5(3), 52–64.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.

[https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1)

- Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: Visualization of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 141-159.
- Tay, B., Özkan, D., & Tay, B. A. (2009). The effect of academic risk taking levels on the problem solving ability of gifted students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1099–1104.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.198>
- Telli, S., Brok, P. d., & Cakiroglu, J. (2010). The importance of teacher-student interpersonal relationships for Turkish students' attitudes towards science. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 261-276.
- Thomas, G., Anderson, D., & Nashon, S. (2008). Development of an instrument designed to investigate elements of science students' metacognition, self-efficacy and learning processes: The SEMLI-S. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1701-1724.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fischer, H. E. (2017). *Multiple representations in physics education*.
- Tusianah, R., Sutarsyah, C., Sukirlan, M., Ridwan, R., Nurmalisa, Y., Isnainy, U. C., & Puja Kesuma, T. A. R. (2021). An integrative review of self-efficacy: What factors enhance and impair it? *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 18, 1057-1072.
- Tyler, K. (1996). System thinking and ecosystemic psychology. *International Journal of Experimental Educational Psychology*, 16(1), 21-34.  
<https://doi.org/10.1080/0144341960160102>
- Tytler, R., & Symington, D. (2006). Science in school and society. *Teaching Science*, 52(3), 10-15.
- Valentine, J. C., DuBois, D. L., & Cooper, H. (2004). The relation between self-beliefs and academic achievement: A meta-analytic review. *Educational Psychologist*, 39(2), 111-133.
- VW Permata, R. Sahputra, E Erlina., (2022). Hubungan antara kemandirian belajar dengan hasil belajar kimia kelas X MIPA di SMA Negeri 6 Pontianak. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*.
- Wahdan, W. Z., Sulistina, O., & Sukarianingsih, D. (2017). Analisis kemampuan berargumentasi ilmiah materi ikatan kimia peserta didik SMA, MAN, dan perguruan tinggi tingkat I. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 2(2), 30-40.

- Wahyudienie, M. B., Sunyono, & Efkar, T. (2018). Hubungan antara metakognisi dengan keterampilan proses sains dalam pembelajaran asam basa menggunakan model *SiMaYang*. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 7(4), 1–12.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Springer Science Business Media B.V., Instr Sci.* 40, 65–80.
- Waldrip, B. (2008). Improving learning through use of representations in science. *Proceeding the 2nd International Seminar on Science Education*. UPI Bandung.
- Wang, C. Y. (2007). The role of mental-modeling ability, content knowledge, and mental models in general chemistry students' understanding about molecular polarity. Dissertation for the Doctor Degree of Philosophy in the Graduate School of the University of Missouri. Columbia.
- Wardhani, I. G. A. K. (2007). *Penelitian tindakan kelas*. Universitas Terbuka, Jakarta.
- Wentzel, K. R., Battle, A., Russell, S. L., & Looney, L. B. (2010). Social supports from teachers and peers as predictors of academic and social motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 35(3), 193-202.
- Widana, I. W. (2017). *Modul penyusunan soal higher order thinking skill (HOTS)*. Direktorat Pembinaan SMA Kemdikbud, Jakarta.
- Widayati. (2018). Pengaruh model pembelajaran berbasis penemuan terhadap kemampuan berpikir kritis matematis dan self concept dengan mengontrol kemampuan awal peserta didik kelas VII SMP pada materi bangun datar. *Jurnal Riset Pendidikan Dan Inovasi Pembelajaran Matematika*, 1(2), 95-105.
- Wit, D. J. D., Karioja, K., Rye, B., & Shain, M. (2011). Perceptions of declining classmate and teacher support following the transition to high school: Potential correlates of increasing student mental health difficulties. *Psychology in the Schools*, 48(6), 556-572.
- Wood, R., & Bandura, A. (1989). Impact of conceptions of ability on self-regulatory mechanisms and complex decision making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(3), 407-415.
- Woodrow, D. (1996). Cultural inclinations towards studying mathematics and sciences. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 22(1), 23-38.
- Woolfolk, A. 2008. *Educational psychology. Active learning* (10th Ed). Penerjemah: Helly Prajitno Soetjipto dan Sri Mulyantini Soetjipto. Pustaka

Pelajar. Yogyakarta

- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Wu H.-K., & Shah P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.  
<https://doi.org/10.1002/sce.10126>
- Xing, B., & Marwala, T. (2018). Implications of the fourth industrial age on higher education. *Tap Chí Nghiên Cứu Dân Tộc*, 23.  
<https://doi.org/10.25073/0866-773x/87>
- Yenilmez, A., & Tekkaya, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 81–87.
- Yuberti. (2014). *Teori pembelajaran dan pengembangan bahan ajar dalam pendidikan*. Perpustakaan Nasional RI. Anugrah Utama Raharja, Lampung.
- Yuni, Y., Darhim, & Turmudi. (2018). The attitude of risk taking Islamic junior high school students in learning mathematics. *Conference Series of Journal of Physics*, 1013(1), 012113.
- Zhang, M., Wang, X., Mannan, M. S., Qian, C., & yang Wang, J. (2017). System dynamical simulation of risk perception for enterprise decision-maker in communication of chemical incident risks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 46, 115-125.
- Ziller, R. C. (1957). Four techniques of group decision making under uncertainty. *Journal of Applied Psychology*, 41(6), 384–388.  
<https://doi.org/10.1037/h0045552>
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82–91.  
<https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1016>
- Zohar, A. R., & Levy, S. T. (2019). Students' reasoning about chemical bonding: The lacuna of repulsion. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 881–904. <https://doi.org/10.1002/tea.21532>