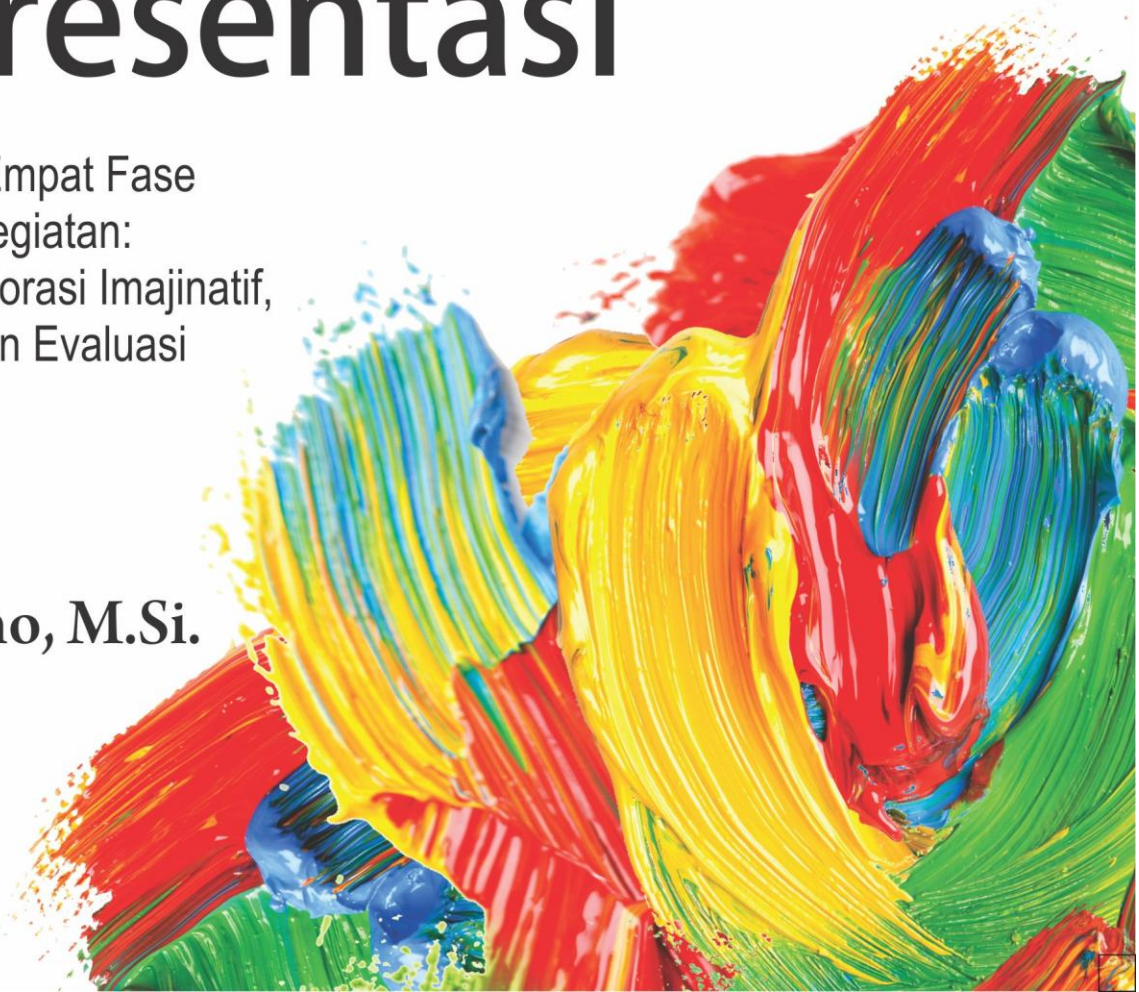


Model Pembelajaran Multipel Representasi

Pembelajaran Empat Fase
dengan Lima Kegiatan:
Orientasi, Eksplorasi Imajinatif,
Internalisasi, dan Evaluasi

Dr. Sunyono, M.Si.



Model Pembelajaran Multipel Representasi

Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan:
Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, Internalisasi, dan Evaluasi

Model Pembelajaran Multipel Representasi

Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan:
Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, Internalisasi, dan Evaluasi

Dr. Sunyono, M. Si.

Model Pembelajaran Multipel Representasi; Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan: Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, Internalisasi, dan Evaluasi, oleh Dr. Sunyono, M.Si.

Hak Cipta © 2015 pada penulis

 **media akademi**

Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283

Telp: 0274-889398; 0274-882262; Fax: 0274-889057;

E-mail: info@mediaakademi.com; Web: www.mediaakademi.com

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memper banyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN: 978-602-73658-2-7

Cetakan pertama, tahun 2015

Semua informasi tentang buku ini, silahkan scan QR Code di cover belakang buku ini

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah S.W.T., Tuhan Yang Maha Esa, pada akhirnya “Buku Model Pembelajaran Multipel Representasi” yang bernama “Model Pembelajaran SiMaYang” telah dapat diselesaikan. Model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran sains (IPA) berbasis multipel representasi yang mencoba menginterkoneksikan representasi fenomena makro-submikro-simbolik atau sebaliknya. Penulisan buku ini bertujuan untuk membantu para guru/dosen sains (terutama bidang kimia, fisika, dan biologi) dalam mengajarkan materi sains dengan melibatkan interkoneksi diantara tiga level fenomena sains (makro, submikro, dan simbolik) tersebut. Di samping itu, buku ini dapat dijadikan pedoman dalam melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang.

Buku model pembelajaran berbasis multipel ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis sejak tahun 2009 hingga 2014 dan hasil kajian beberapa jurnal penelitian, baik jurnal nasional maupun internasional. Buku ini merupakan buku revisi pertama dari Buku Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi. Pada buku revisi ini, penulis membahas secara detail tentang model pembelajaran dengan multipel representasi, sehingga penulisannya terbagi ke dalam 5 (lima) Bab pembahasan. Pada setiap bab dalam buku ini, penulis membahas langkah demi langkah proses pengenalan model pembelajaran SiMaYang. Pada Bab I, penulis mengajukan argumentasi tentang mengapa model pembelajaran SiMaYang perlu dikembangkan, apa pengertian multipel representasi, dan tujuan pembelajaran dengan model SiMaYang. Pada Bab 2, penulis menjabarkan teori-teori yang mendukung pengembangan model pembelajaran, yang uraiannya meliputi: teori belajar konstruktivisme, teori pemerosesan informasi, teori pengkodean ganda, teori model mental, dan teori model 7 faktor tentang kemampuan peserta didik

dalam menginterpretasikan representasi eksternal dari Schönborn. Pembahasan pada Bab 3, penulis menguraikan tentang model pembelajaran SiMaYang mulai dari proses pengembangan, karakteristik model SiMaYang, dan bagaimana mengukur kualitas pembelajaran. Pada Bab 4 penulis memaparkan teknis pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang, yang dimulai dari perencanaan, petunjuk pelaksanaan, hingga evaluasi/penilaian. Selanjutnya pada Bab 5 penulis lebih berfokus pada bukti-bukti empiris dari pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang, kelebihan dan keterbatasan, keterkaitan model pembelajaran SiMaYang dengan pendekatan saintifik, serta penulis memberikan contoh-contoh desain pembelajaran berupa RPP dan LKPD (LKS) dengan penerapan model SiMayang.

Buku ini hanyalah sebagian kecil dari usaha untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA (kimia, biologi, dan fisika), khususnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang imajinatif melalui pembentukan model mental, yang pada akhirnya akan dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran. Buku model pembelajaran yang amat sederhana ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya peran dan bantuan serta masukan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, sudah semestinya penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada: Prof. Dr. Leny Yuanita, M.Kes. (Unesa). dan Prof. Dr. Muslimin Ibrahim, M.Pd. (Unesa) yang telah memberikan masukan dan saran-saran perbaikan pada awal penulisan buku ini. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terimakasih kepada bapak Dr. Ijang Rohman, M.Si (UPI), Dr. Ahmad Muzakir, M.Si (UPI), Dr. Muntari, M.Pd (Unram), Dr. Ratu Beta R., M.Si (Unila), Lisa Tania, S.Pd., M.Sc (Unila), yang telah bersedia menjadi penelaah dari isi buku Model Pembelajaran SiMaYang ini.

Penyusunan buku ini dilakukan melalui serangkaian tahapan mulai dari tahap pengembangan, pembimbingan dari para pakar, dan telaah dari para akademisi dari beberapa perguruan tinggi sebagaimana disebutkan di atas. Meskipun demikian, penulis masih menyadari bahwa buku ini jauh dari sempurna dan mungkin beberapa uraian penulis masih perlu diperbaiki. Oleh sebab itu, segala masukan demi perbaikan buku ini sangat dinantikan, dan semoga dapat bermanfaat. Amin ya Rabbal „alamin...

Bandar Lampung, September, 2015

Penulis,

Sunyono

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Rasional	1
1.2 Konsep Multipel Representasi	6
1.3 Tujuan Model Pembelajaran Multipel Representasi (Model SiMaYang)	14
1.4 Metode Penulisan	14
BAB II TEORI-TEORI PENDUKUNG	17
2.1 Teori Belajar Konstruktivisme	17
2.2 Teori Pemrosesan Informasi	21
2.3 Teori Pengkodean Ganda (<i>Dual Coding Theory = DCT</i>)	23
2.4 Teori Model Mental	26
2.5 Teori Model 7 Faktor Tentang Kemampuan Peserta Didik dalam Menginterpretasikan Representasi Eksternal dari Schönborn.	32
BAB III MODEL PEMBELAJARAN SiMaYang	35
3.1 Pengembangan Model SiMaYang	35
3.2 Karakteristik Model Pembelajaran SiMaYang	41
3.3 Komponen-Komponen Model Pembelajaran SiMaYang	42
3.4 Ukuran Kualitas Model Pembelajaran SiMaYang	47

BAB IV	PEDOMAN PELAKSANAAN PEMBELAJARAN DENGAN MENGGUNAKAN	
	MODEL SiMaYang	49
4.1	Perencanaan	49
4.2	Petunjuk Pelaksanaan Pembelajaran	51
4.3	Lingkungan Belajar dan Pengelolaan Kelas	64
4.4	Pelaksanaan Evaluasi/Penilaian	68
BAB V	KAJIAN EMPIRIS MODEL SiMaYang	71
5.1	Kajian Empiris terhadap Keterlaksanaan dan Kemenarikan	71
5.2	Kajian Empiris terhadap Model Mental Peserta Didik	73
5.3	Kajian Empiris terhadap Penguasaan Konsep Peserta Didik	75
5.4	Kelebihan dan Keterbatasan Model Pembelajaran SiMaYang	76
5.5	Kesesuaian Model Pembelajaran SiMaYang dengan Pendekatan Saintifik	78
5.6	Contoh RPP dan LKPD dari Model SiMaYang	81
	DAFTAR PUSTAKA	97
	GLOSSARIUM	105

BAB I

PENDAHUALUAN

1.1 RASIONAL

Fokus studi tentang pembelajaran bidang sains (fisika, kimia, dan biologi) sebaiknya lebih diarahkan kepada pemilihan yang menekankan pada pemberian pengalaman belajar pada peserta didik agar mampu memiliki pemahaman makroskopik, (sub) mikroskopik dan simbolik, melalui kegiatan belajar berbasis inkuiri, sehingga dapat mengkaitkannya dan menerapkannya pada konteks kehidupan nyata. Pemilihan strategi tersebut bertujuan agar guru/dosen mampu membelajarkan sains melalui interkoneksi diantara ketiga level representasi yaitu: makroskopik, (sub) mikroskopik dan simbolik (Johnstone, 1993). Dalam hal ini, pemahaman seseorang terhadap sains ditentukan oleh kemampuannya mentransfer dan menghubungkan antara fenomena-fenomena makroskopik, (sub) mikroskopik, dan simbolik. Upaya pemecahan masalah dalam sains sebagai salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi hanya dapat dilakukan melalui penggunaan kemampuan representasi secara ganda (*multiple*) atau kemampuan peserta didik bergerak dari satu modus representasi ke modus representasi yang lain. Dalam pemecahan masalah sains, sebenarnya kunci pokoknya adalah pada kemampuan merepresentasikan fenomena sains pada level (sub) mikroskopik (Treagust, et al., 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakmampuan peserta didik dalam merepresentasikan fenomena sains pada level (sub) mikroskopik ternyata dapat menghambat kemampuan dalam memecahkan masalah-masalah sains yang berkaitan dengan fenomena makroskopik dan simbolik (Kozma & Rusell, 2005, dan Chandrasegaran, et al., 2007). Namun kenyataannya, berbagai hasil penelitian juga menunjukkan bahwa umumnya peserta didik bahkan pada mereka yang performansya bagus dalam ujian, ternyata masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep sains yang bersifat abstrak akibat ketidakmampuannya dalam memvisualisasikan struktur dan proses

pada level (sub) mikroskopik dan tidak mampu menghubungkannya dengan level fenomena representasi sains yang lain (Treagust, 2008).

Pada umumnya pembelajaran sains (misalnya kimia atau fisika) yang terjadi saat ini hanya membatasi pada dua level representasi, yaitu makroskopik dan simbolik (Tasker & Dalton, 2006). Level berpikir (sub) mikroskopik dipelajari secara terpisah dari dua tingkat berpikir lainnya. Pengintegrasian fenomena (sub) mikroskopik dan makroskopik atau simbolik diserahkan kepada peserta didik sendiri untuk memahaminya melalui gambar-gambar dan digaram-diagram yang ada di buku, tanpa bimbingan dan arahan dari guru/dosen. Selain itu, peserta didik juga lebih banyak belajar memecahkan soal matematis tanpa mengerti dan memahami makna yang sesungguhnya (Farida, 2010). Ada anggapan bahwa keberhasilan peserta didik dalam memecahkan soal matematis berarti peserta didik tersebut telah memahami konsep sains (dalam hal ini kimia atau fisika). Padahal, banyak diantara peserta didik yang berhasil dalam memecahkan soal matematis tetapi tidak memahami konsep sains yang sesungguhnya, karena hanya menghafalkan algoritmanya saja. Kebanyakan peserta didik cenderung hanya menghafalkan representasi fenomena (sub) mikroskopik dan simbolik yang bersifat abstrak secara verbal (dalam bentuk deskripsi kata-kata) akibatnya tidak mampu untuk membayangkan bagaimana proses dan struktur dari suatu zat yang mengalami reaksi misalnya (Sunyono, 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Farida, dan Liliyasi. (2011) terhadap mahasiswa LPTK di Bandung menunjukkan bahwa kebanyakan siswa/mahasiswa mengalami kesulitan dalam membedakan representasi fenomena sains level (sub) mikroskopik (misalnya dalam bidang kimia membedakan representasi asam kuat dan basa lemah), meskipun secara simbolik mahasiswa sudah dapat membedakannya dengan menggunakan anak panah. Kesulitan ini diduga, akibat kurang dikembangkannya strategi pembelajaran yang berorientasi pada interkoneksi di antara level makroskopik, simbolik, dan (sub) mikroskopik. Dugaan tersebut diperkuat oleh kenyataan pengamatan di lapangan dan kajian literatur bahwa umumnya guru/dosen hanya membatasi pada level fenomena makroskopik dan simbolik dalam pembelajaran dengan harapan peserta didik dapat mengembangkan sendiri model dunia molekular, sehingga menghambat kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dengan sains terutama kimia (Sopandi dan Murniati, 2007).

Pada sisi lain, hasil penelitian di Propinsi Lampung (Sunyono, dkk., 2009 dan Sunyono, 2010) menunjukkan bahwa untuk pembelajaran sains (misalnya kimia) banyak konsep sains yang masih dianggap sulit untuk diajarkan pada peserta didik. Kebanyakan pengajar dalam membelajarkan konsep-konsep sains tersebut adalah dengan menanamkan konsep secara verbal, latihan-latihan mengerjakan soal, dan kegiatan praktik laboratorium sangat jarang dilakukan. Pembelajaran sains yang berlangsung lebih banyak direpresentasikan secara verbal dan simbolik dan fokus hanya pada dua level, yaitu makroskopis dan simbolis atau matematis, level (sub) mikroskopis tidak disentuh sama sekali. Dalam pembelajaran sains, level (sub) mikroskopis

hanya dapat didekati secara visual (Chandrasegaran, et. al., 2007, dan Schönborn and Anderson, 2009).

Kebanyakan konsep-konsep sains (terutama kimia dan fisika) sebagian besar topik-topiknya bersifat abstrak dan sangat teoritis. Topik-topik yang abstrak dan teoritis tersebut diperlukan untuk memahami aspek kualitatif dan kuantitatif tentang fenomena sains (misalnya fenomena reaksi dan strukturnya) dalam menyelesaikan berbagai masalah baik di tingkat sekolah menengah maupun di perguruan tinggi (Park, 2006; Devetak, et al., 2009; & Davidowizth, et al., 2010,). Oleh sebab itu, pemahaman konseptual tentang reaksi sangat penting sebagai landasan dalam memahami dan menyelesaikan masalah-masalah sains kimia lainnya. Salah satu contoh adalah persamaan reaksi merupakan dasar konseptual dalam menyelesaikan berbagai masalah kimia, tanpa pemahaman tentang reaksi, maka penyelesaian masalah kimia menjadi sulit dilakukan.

Suatu persamaan reaksi (sebagai contoh) merangkum semua perubahan yang terjadi dalam suatu reaksi, tetapi tidak menunjukkan rincian-rincian yang terjadi seperti mekanisme, reaktan yang terlibat, atau reagen yang berlebihan. Persamaan reaksi yang dibuat, nampaknya tidak membuat hubungan antara representasi simbolik dari suatu reaksi dan transformasi sains yang sebenarnya terjadi dalam skala molekuler (Chandrasegaran, et. al., 2007, dan Davidowitz, et al., 2010). Tidak terkoneksiya ketiga level fenomena sains dapat menyebabkan terhambatnya pemahaman konsep-konsep sains, bahkan dapat menimbulkan terjadinya kesalahan konsep. Oleh sebab itu, dalam pembelajaran sains perlu dipertimbangkan interkoneksi diantara tiga level fenomena tersebut.

Berkaitan dengan sistem pembelajaran sains (misalnya kimia), Wood (2006) dan BouJaoude & Barakat (2003) menyatakan bahwa belajar sains sama dengan belajar mengembangkan kemampuan berpikir untuk memecahkan masalah (*problem solving*), yang pencapaiannya diukur dengan menggunakan berbagai permasalahan pada level molekuler yang dapat dipecahkan oleh peserta didik secara tepat. Namun, kebanyakan peserta didik mempersepsikan sains (kimia, fisika, dan biologi) sebagai mata pelajaran yang sulit (Huddle & Pillay, 1996; BouJaoude & Barakat, 2003; Wood, 2006; dan Sunyono, dkk., 2009). Jika peserta didik dapat memahami masing-masing peran ketiga level fenomena sains tersebut, mereka akan dapat mentransfer pengetahuan melalui interkoneksi antara satu level ke level yang lain, yang berarti peserta didik dapat memperoleh pengetahuan konseptual yang diperlukan dalam memecahkan masalah. Pengetahuan konseptual merupakan satu bagian esensial yang harus dimiliki oleh peserta didik ketika mempelajari konsep sains yang harus tersimpan dalam memori jangka panjang dan mudah diakses kembali untuk memecahkan masalah. Agar pengetahuan yang diperoleh peserta didik masuk ke dalam memori jangka panjang, peserta didik harus didorong agar menggunakan model mentalnya dalam menghubungkan ketiga level fenomena sains tersebut. Menurut Johnstone (2006), ketiga level fenomena tersebut saling berhubungan dan ketiganya memberikan kontribusi yang besar terhadap perkembangan model mental peserta didik dalam membangun makna dan pemahaman konseptual.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan pada mahasiswa LPTK di Propinsi Lampung, diperoleh bahwa pembelajaran sains (terutama kimia) yang berlangsung selama ini belum mampu memfasilitasi mahasiswa agar memiliki kemampuan dalam merepresentasikan ketiga level fenomena sains (Sunyono, dkk., 2011). Model mental mahasiswa belum dibangun secara baik, sehingga masih didominasi oleh level makroskopis. Model mental mahasiswa tersebut tercermin dari ketidakmampuan sebagian besar mahasiswa (82,15%) dalam menginterpretasikan gambar (sub) mikroskopik untuk mengidentifikasi perubahan-perubahan kimia dan fisika yang terjadi. Di samping itu, mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam memberikan eksplanasi tentang representasi (sub) mikroskopik berdasarkan representasi makroskopik dan simbolik. Dalam hal ini, mahasiswa cenderung lebih banyak menggunakan transformasi makroskopik ke simbolik atau sebaliknya, namun tidak mampu dalam mentransformasikan level makroskopik dan simbolik ke level (sub) mikroskopik.

Kesulitan-kesulitan peserta didik dalam mentransformasikan ketiga level fenomena sains tersebut disebabkan belum dilatihnya mereka dalam belajar dengan representasi pada level (sub) mikroskopik dan pembelajaran yang berlangsung cenderung memisahkan ketiga level fenomena sains tersebut (Sunyono, dkk., 2011). Padahal, menurut Coll (2008) bahwa kemampuan peserta didik untuk mengoperasikan atau menggunakan model mental mereka dalam rangka menjelaskan peristiwa-peristiwa yang melibatkan penggunaan model visual, sangat terbatas, sehingga perlu adanya latihan menginterpretasikan gambar visual submikro melalui pembelajaran yang melibatkan 3 level fenomena sains. Selanjutnya Devetak, et al (2009) menemukan bahwa peserta didik yang belum pernah di latih dengan representasi eksternal akan mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan struktur submikro dari suatu molekul.

Kesulitan-kesulitan peserta didik dalam menginterkoneksi ketiga level fenomena sains tersebut menandakan peserta didik masih kesulitan dalam membangun model mental, sehingga peserta didik kesulitan dalam mengembangkan kemampuan berpikirnya. Menurut Senge (2004; 13-14) bahwa proses berpikir seseorang memerlukan bangunan model mental yang baik. Seseorang yang mengalami kesulitan dalam membangun model mentalnya menyebabkan orang tersebut akan mengalami kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikir, sehingga tidak mampu melakukan pemecahan masalah dengan baik. Oleh sebab itu, pembelajaran sains sebaiknya dilakukan dengan melibatkan tiga level fenomena (makro, (sub) mikro, dan simbolik) untuk melatih peserta didik dalam membangun model mentalnya. Berdasarkan kajian berbagai literatur yang telah dilakukan (Sunyono, 2011) dikatakan bahwa model pembelajaran yang dapat mengembangkan model mental peserta didik adalah model pembelajaran yang dikemas dengan melibatkan tiga level fenomena sains (makro, (sub) mikro, dan simbolik), sehingga dapat berdampak pada peningkatan penguasaan konsep peserta didik. Dengan demikian, perlu dikembangkan suatu model pembelajaran berbasis multipel representasi dengan melibatkan ketiga level fenomena sains yang dapat membangun model mental peserta didik.

Salah satu model pembelajaran dengan orientasi multipel representasi telah dikembangkan oleh Waldrup (2008, dan 2010) dalam pembelajaran fisika dengan mengenalkan kerangka model IF-SO yang merupakan pengembangan dari model inkuiri. Kerangka model IF-SO merupakan model pembelajaran yang melibatkan representasi verbal, visual, dan aksional. Fokus utama dari kerangka model IF-SO adalah isu-isu kunci dalam pembelajaran fisika, antara lain perencanaan pembelajaran (I dan F), dan peran dosen/guru dan peserta didik melalui pemilihan representasi (S dan O). Dimana: I adalah identifikasi konsep-konsep kunci, F adalah fokus pada bentuk dan fungsi dari konsep-konsep kunci, S adalah *Sequence* (urutan pemberian tantangan representasi), dan O adalah *On-going assessment* (penilaian terus-menerus). Model ini telah diaplikasikan oleh Abdurrahman (2010) dalam pembelajaran Fisika Kuantum melalui penelitiannya tentang “peran multipel representasi dalam pembelajaran fisika kuantum untuk meningkatkan penguasaan konsep, disposisi keterampilan berpikir, dan keterampilan generik sains pada mahasiswa calon guru fisika”. Dalam penelitiannya, Abdurrahman melakukan desain pembelajaran dalam bentuk *lesson plan* dengan langkah-langkah yang disesuaikan dengan model kerangka IF-SO tersebut. Hasil penelitian Abdurrahman menunjukkan bahwa pembelajaran dengan strategi berbasis multipel representasi dengan model IF-SO telah mampu meningkatkan penguasaan konsep fisika kuantum, disposisi keterampilan berpikir, dan keterampilan generik sains mahasiswa calon guru fisika.

Pengembangan kerangka model IF-SO oleh Waldrup (2010) dan desain pembelajaran model IF-SO oleh Abdurrahman (2010), lebih banyak difokuskan pada penerapan pembelajaran dengan berbagai modal representasi (verbal, visual, dan aksional). Meskipun model IF-SO telah mempertimbangkan tiga faktor utama dalam pembelajaran, yaitu domain (konten materi), pengajar (guru/dosen) dan peserta didik (siswa atau mahasiswa), dan mode representasi, namun interaksi proses berpikir peserta didik yang menentukan keberhasilannya ketika berhadapan dengan fenomena level (sub) mikroskopik belum dipertimbangkan untuk membangun model mental peserta didik. Proses berpikir peserta didik dalam belajar sains menurut teori Schönborn and Anderson (2006) memiliki tiga faktor utama, yaitu konseptual (*conceptual* = C), penalaran (*Reasoning* = R), dan mode representasi (M). Selanjutnya Schönborn and Anderson (2009) mengembangkan model tiga faktor berpikir tersebut menjadi 7 konsep dasar tentang kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal dengan menginteraksikan ketiga faktor utama (C, R, dan M).

Menurut Schönborn and Anderson (2009), interaksi ketiga faktor tersebut merupakan faktor penentu keberhasilan peserta didik dalam belajar, terutama ketika dihadapkan pada fenomena level (sub) mikroskopik. Dalam pengembangannya Schönborn and Anderson (2006 dan 2009) hanya melihat dari sisi peserta didik saja, tidak mempertimbangkan pengaruh representasi dari pengajar (guru/dosen) dan faktor domain. Padahal, kemampuan representasional peserta didik sangat dipengaruhi oleh representasi guru/dosen dalam melaksanakan pembelajaran (Waldrup, 2010 dan Abdurrahman, 2010). Oleh sebab itu, dengan kelebihan dan kekurangannya,

kerangka model IF-SO dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan model 7 konsep dasar tentang kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal dari Schönborn and Anderson (2009), sehingga diharapkan mampu menghasilkan model pembelajaran yang dapat menginterkoneksi ketiga level fenomena sains (makro, (sub) mikro, dan simbolik). Model pembelajaran yang dikembangkan, selain mempertimbangkan faktor pengajar (guru/dosen), peserta didik, dan mode representasi, juga mempertimbangkan interaksi faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan berpikir peserta didik (interaksi antara konseptual, penalaran, dan mode representasi).

Model pembelajaran teoritis yang dihasilkan merupakan sebuah model pembelajaran yang menginterkoneksi tiga level fenomena sains (makro, (sub) mikro, dan simbolis) dengan mempertimbangkan faktor domain, pengajar (guru/dosen), peserta didik (siswa/mahasiswa), dan interaksi dari faktor-faktor kemampuan interpretasi peserta didik (C, R, dan M). Dengan mempertimbangkan faktor interaksi R - C dan C - M, maka dalam model pembelajaran diperlukan tahapan kegiatan eksplorasi konseptual, sedangkan pertimbangan terhadap interaksi R - M dan C - R - M diperlukan tahapan kegiatan imajinasi representasi. Hasil dari kedua tahapan tersebut perlu diinternalisasikan dalam pembelajaran melalui presentasi, tugas, dan latihan sebagai perwujudan hasil eksplorasi dan imajinasi. Tahap terakhir adalah tahap evaluasi sebagai tahap untuk mendapatkan umpan balik selama proses pembelajaran. Oleh sebab itu, kebaruan dari model pembelajaran ini ditunjukkan dengan adanya tahapan model pembelajaran yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Tahapan-tahapan tersebut disusun secara diagramatis berbentuk layang-layang dan disebut Si-Lima-Layang-layang disingkat SiMaYang (Sunyono, 2014). Model pembelajaran teoritis hasil pengembangan ini merupakan model pembelajaran sains yang dapat menginterkoneksi ketiga level fenomena, sehingga topik-topik pembelajaran yang sesuai dengan model ini adalah topik-topik yang bersifat abstrak yang mengandung level (sub)mikro, makro, dan simbolik (seperti dalam ilmu kimia pada topik Stoikiometri, Struktur Atom, dan ikatan kimia).

1.2 KONSEP MULTIPLE REPRESENTASI

Tantangan dalam pembelajaran yang melibatkan fenomena (sub) mikro merupakan suatu hal yang harus segera dipecahkan. Terkait hal tersebut, sebagai guru/dosen harus selalu melakukan inovasi kreatif dalam melaksanakan pembelajaran, terutama yang melibatkan interkoneksi di antara level makro, (sub) mikro, dan simbolik. Oleh sebab itu, konsep multipel representasi timbul karena kebutuhan siswa untuk mengeksplorasi dan melakukan banyak tugas yang beragam yang melibatkan sejumlah besar informasi yang bersifat abstrak. Visualisasi informasi merupakan salah satu pendekatan untuk memecahkan tantangan tersebut. Visualisasi yang dimaksud harus melibatkan lebih dari sekedar memungkinkan peserta didik untuk “melihat” informasi. Peserta didik juga harus memanipulasinya untuk fokus pada apa yang relevan dan mereorganisasi untuk menciptakan informasi baru. Mereka juga harus berkomunikasi dan berbagi informasi

dalam pengaturan kolaboratif dan bertindak secara langsung untuk melakukan tugas-tugas mereka berdasarkan informasi yang telah diperoleh.

Tantangan lain adalah latar belakang peserta didik yang sangat beragam. Hal ini mengharuskan para guru/dosen untuk dapat merancang pembelajaran yang berlaku untuk semua peserta didik tidak memandang latar belakangnya. Guru/dosen harus mampu melaksanakan pembelajaran yang nondiskriminatif, artinya bahwa semua warga negara tanpa memandang ras, warna kulit, jenis kelamin, status sosial atau bentuk-bentuk stratifikasi sosial lainnya, berhak untuk diberi kesempatan, perhatian, bantuan, dan bimbingan yang sama dari guru/dosen dalam pelaksanaan pembelajaran. Memegang prinsip bahwa yang membedakan di antara mereka hanyalah bakat dan minat yang bermuara pada kemampuan akademik masing-masing individu. Dalam hal ini, Henriksen (1995) memberikan istilah yang disebut sebagai "*cooling out process*", di mana para peserta didik akan tersaring ke dalam program-program pendidikan melalui proses evaluasi terhadap kemampuan akademiknya.

Guru/dosen harus menjamin bahwa para peserta didik tersebut secara aktif terlibat dalam kegiatan belajar; artinya bahan pengajaran harus memberikan tantangan kognitif, tanpa memandang tingkat perkembangan peserta didik. Ada beberapa strategi yang memungkinkan para guru/dosen untuk dapat memberikan akses kepada semua peserta didik tersebut, termasuk penggunaan kurikulum yang dirancang secara "*universal*" untuk aksesibilitas (Orkwis, 1999). Dalam kaitan ini, National Center On Universal Design Learning (UDL) telah melakukan perancangan materi dan kegiatan belajar/mengajar yang memungkinkan dicapainya tujuan belajar oleh semua individu (peserta didik) yang berbeda-beda latar belakang dan kemampuannya untuk melihat, mendengar, berbicara, bergerak, membaca, menulis, memahami bahasa, memperhatikan, mengorganisasikan, terlibat aktif, dan mengingat (CAST, 2011). Rumusan CAST (2011) tersebut menyangkut aspek-aspek penting dari desain universal untuk pembelajaran yang memiliki tiga prinsip, yaitu

1. pembelajaran harus dapat disajikan dengan berbagai cara (*multiple means of representation*). Prinsip ini, dilandasi oleh kenyataan bahwa tidak ada satu cara representasi yang akan optimal untuk semua peserta didik, sehingga dengan menyediakan berbagai pilihan untuk representasi sangat penting.
2. pembelajaran harus memungkinkan para peserta didik mengekspresikan dirinya dan bertindak dengan berbagai cara (*multiple means of action and expression*). Prinsip ini, dilandasi oleh kenyataan bahwa tidak ada satu cara tindakan dan ekspresi yang akan optimal untuk semua peserta didik, sehingga dengan menyediakan berbagai pilihan untuk tindakan dan ekspresi sangat penting.
3. pembelajaran harus memungkinkan semua peserta didik dapat terlibat dalam berbagai Bentuk kegiatan belajar (*multiple means of engagement*). Hasil penelitian CAST (2011) membuktikan bahwa beberapa peserta didik selalu ingin bekerja sendiri, sementara yang

lainnya lebih memilih untuk bekerja dengan rekan-rekan mereka dalam kelompok. Dengan demikian, tidak ada satu cara keterlibatan yang akan optimal untuk semua peserta didik dalam semua konteks, sehingga dengan memberikan beberapa pilihan untuk keterlibatan peserta didik menjadi sangat penting.

Berdasarkan uraian tersebut, pilihan pembelajaran berbasis mutipel representasi menjadi suatu keharusan, terutama untuk materi-materi yang bersifat abstrak yang melibatkan interkoneksi fenomena-fenomena alam (makro, (sub) mikro, dan simbolik). Pertanyaannya adalah apakah multipel representasi itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, pembahasan kita mulai dari pengertian representasi dalam pembelajaran. Konsep representasi adalah salah satu pondasi praktik ilmiah, karena para ahli menggunakan representasi sebagai cara utama berkomunikasi dan memecahkan masalah. Johnstone (1982) membedakan representasi ke dalam tiga tingkatan. Tingkat makroskopis yang bersifat nyata dan mengandung bahan yang kasat mata dan nyata. Tingkat (sub) mikroskopis juga nyata tetapi tidak kasat mata yang terdiri dari tingkat partikulat yang dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena abstrak, misalnya: pergerakan elektron, molekul, partikel (ion) atau atom, arus listrik, struktur hemoglobin, dan sebagainya. Yang terakhir adalah tingkat simbolik yang terdiri dari berbagai jenis representasi gambar, aljabar dan bentuk komputasi representasi (sub) mikroskopis (animasi, simulasi, dan visualisasi bentuk lain).

Representasi dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok, yaitu representasi internal dan eksternal. Representasi internal didefinisikan sebagai konfigurasi kognitif individu yang diduga berasal dari perilaku manusia yang menggambarkan beberapa aspek dari proses fisik dan pemecahan masalah. Di sisi lain, representasi eksternal dapat digambarkan sebagai situasi fisik yang terstruktur yang dapat dilihat dengan mewujudkan ide-ide fisik (Haveleun & Zou, 2001). Menurut pandangan konstruktivist, representasi internal ada di dalam kepala peserta didik dan representasi eksternal disituasikan oleh lingkungan (Meltzer, 2005). Konfigurasi menurut KBBI adalah bentuk/wujud atau susunan/struktur yang menggambarkan sesuatu hal. Konfigurasi kognitif berarti struktur/susunan dari kognisi manusia. Konfigurasi kognitif versi teori OSA dimodelkan seperti dalam Gambar 1.1 berikut (Godino, et al., 2007). Konfigurasi kognitif versi OSA sangat terait dengan penerimaan informasi melalui berbagai representasi

Pentingnya representasi menurut Norman (dalam Zang & Norman, 1994): *“without external aids, memory, thought, and reasoning are all constrained.”* Ini menunjukkan bahwa memori, pikiran, dan penalaran tanpa bantuan eksternal, semuanya akan terbatas dan sulit untuk memperoleh pengetahuan yang diperlukan. Sebuah representasi eksternal adalah jenis bantuan eksternal kepada seseorang sehingga dia dapat membantu orang lain dalam pemecahan masalah. Representasi eksternal biasanya mengacu pada: 1) simbol fisik, objek, atau dimensi, dan 2) aturan eksternal, kendala, atau hubungan yang terkait dengan konfigurasi fisik (misalnya hubungan spasial dari bilangan dengan digit tertentu, kendala fisik pada alat bantu belajar, dan lain-lain). Selanjutnya dikatakan pula oleh Zhang & Norman (1994) bahwa *without the use of external*

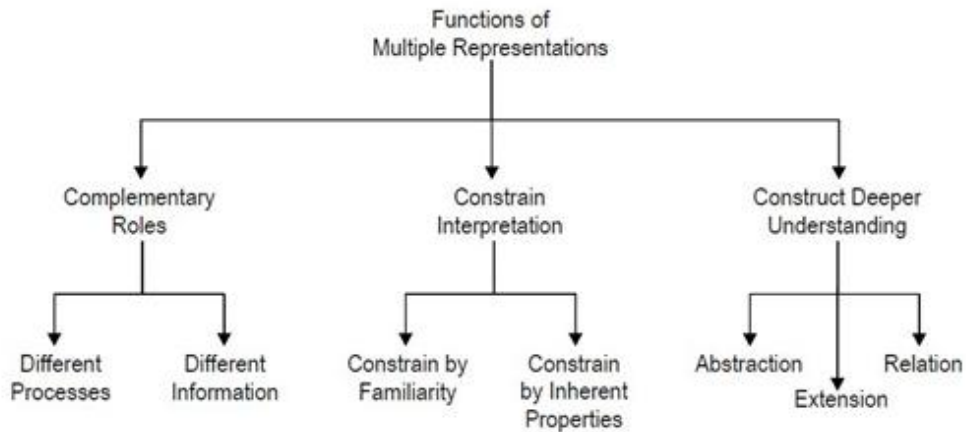
representations, our modern human life would be impossible. Jadi, tidak mungkin kehidupan manusia modern dapat terwujud tanpa bantuan representasi eksternal.



Gambar 1.1 Konfigurasi kognitif dan Aktivitas Belajar Versi OSA (Sumber: Godino, et al., 2007)

Sebagaimana dicatat oleh Ainsworth (2008) bahwa analisis konseptual dari keberadaan lingkungan belajar dengan multi-representasi menunjukkan ada tiga fungsi utama multipel representasi eksternal (MERs) yang dipakai dalam situasi pembelajaran untuk melengkapi dan membangun pemahaman konsep. Fungsi pertama adalah dengan menggunakan representasi untuk memperoleh informasi tambahan atau mendukung proses kognitif yang ada dan saling melengkapi. Kedua, representasi dapat digunakan untuk membatasi (yang miss) interpretasi yang mungkin terjadi. Terakhir, MERs dapat digunakan untuk mendorong peserta didik dalam membangun pemahaman yang lebih dalam. Masing-masing dari tiga fungsi utama MERs lebih lanjut dibagi menjadi beberapa subclass (Gambar 1.2)

McKendree, dkk. (dalam Nakhle, 2008) mendefinisikan representasi sebagai *“a structure that stands for something else: a word for an object, a sentence for a state of affairs, a diagram for an arrangement of things, a picture for a scene.”* Kita terima definisi tersebut dengan beberapa tambahan. Pertama, kita bedakan antara representasi eksternal yang disajikan kepada peserta didik dan representasi internal yang disusun oleh peserta didik. Kedua, karakteristik sains adalah bahwa disiplin ilmu tersebut berisi lebih banyak jenis-jenis representasi daripada yang telah dikenal, seperti grafik, diagram molekuler, dan animasi. Ketiga, disiplin ilmu yang berbeda bahkan dapat memiliki detail representasi yang mampu memberikan penjelasan secara lebih teliti; misalnya dalam ilmu kimia, representasi yang tepat dalam pembelajaran dapat dilakukan melalui penyampaian informasi di tingkat sifat zat sebagian besar (tingkat makro) atau di tingkat interaksi molekul (tingkat molekuler) atau kombinasi tingkat-tingkat tersebut.



Gambar 1.2 Taksonomi fungsional dari multipel representasi (Sumber: Ainsworth, 2008)

McKendree juga membuat pernyataan bahwa representasi-representasi tertentu bisa cocok dengan masalah atau bidang mata pelajaran tertentu, namun peserta didik harus tahu bagaimana menggunakan suatu representasi, atau ketika diberi banyak representasi, peserta didik dapat memilih representasi yang terbaik untuk tugas mereka. Representasi yang digunakan peserta didik harus ditafsirkan dalam konteks pemecahan masalah dan diubah bentuknya secara berarti untuk menyusun informasi baru yang berguna.

Ainsworth (2008) membuktikan bahwa banyak representasi dapat memainkan tiga peranan utama. Pertama, mereka dapat saling melengkapi. Kedua, suatu representasi yang lazim dapat menjelaskan tafsiran tentang suatu representasi yang lebih tidak lazim. Ketiga, suatu kombinasi representasi dapat bekerja bersama membantu peserta didik menyusun suatu pemahaman yang lebih dalam tentang suatu topik yang dipelajari.

Banyak riset di dalam pendidikan ilmu pengetahuan dan psikologi kependidikan telah dipusatkan pada peran dan efektivitas dari penyajian-penyajian multipel representasi eksternal (MERS) dalam pembelajaran dari ilmu-ilmu pengetahuan tersebut. MERS merupakan gambaran secara grafis dan terlukis dari fenomena di dunia eksternal (Biolsi & Rueter dalam Schönborn and Anderson 2009) yang berisi tentang hubungan setempat dan penandaan secara topografi. MERS dapat dibedakan dari penyajian-penyajian internal (seperti: model-model mental), yang merupakan gambaran dari pikiran. Selama bertahun-tahun, riset pendidikan ilmu pengetahuan yang mempelajari interpretasi siswa terhadap MERS telah terfokus pada beragam ERs, termasuk gambar-gambar statis, lukisan, grafik-grafik, foto, peta, diagram alur, model-model ilmiah, dan visual berbasis-komputer.

Representasi konsep-konsep dalam sains yang memang merupakan konsep ilmiah, secara inheren melibatkan multimodal, yaitu melibatkan kombinasi lebih dari satu modus representasi. Dengan demikian, keberhasilan pembelajaran sains meliputi konstruksi asosiasi mental diantara

tingkat makroskopik, (sub) mikroskopik dan simbolik dari representasi fenomena sains dengan menggunakan modus representasi yang berbeda (Chang & Gilbert, 2009). Oleh sebab itu, tidak lah mungkin bagi seorang guru/dosen untuk menciptakan suatu representasi tunggal yang bekerja bagi semua peserta didik, namun yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi representasi apa yang ditemukan oleh peserta didik paling berguna untuk menciptakan makna bagi peserta didik itu sendiri. Ini adalah tugas guru/dosen untuk mendorong agar peserta didik memiliki keterampilan merepresentasikan konsep-konsep sains dalam belajar. Kress, dkk. (dalam Chang & Gilbert, 2009) telah menyelidiki bagaimana guru/dosen Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) termasuk sains dapat dicapai melalui multimodalitas. Dari perspektif ini, representasi eksternal dalam modus visual (sering disebut “visualisasi”) dianggap sebagai lebih dari sekedar alat untuk belajar. Sebaliknya, memungkinkan peserta didik untuk membuat makna atau mengekspresikan ide-ide mereka yang mereka tidak bisa dengan mudah dilakukan dalam modus komunikasi lainnya.

Berdasarkan karakteristik konsep-konsep sains, mode-mode representasi sains diklasifikasikan dalam level representasi fenomena makroskopik, (sub)mikroskopik dan simbolik (Johnstone, 1993 dan Treagust, et al., 2003). Representasi fenomena makroskopik yaitu representasi yang diperoleh melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari peserta didik (Johnstone, 1993). Contoh: terjadinya perubahan warna, suhu, pH larutan, pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi ketika suatu reaksi berlangsung. Berkaitan hal ini, peserta didik dapat merepresentasikan hasil pengamatan dalam berbagai mode representasi, misalnya dalam bentuk laporan tertulis, diskusi, presentasi oral, diagram *vee*, grafik dan sebagainya.

Representasi fenomena (sub)mikroskopik yaitu representasi yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekular) terhadap fenomena makroskopik yang diamati. Representasi (sub)mikroskopik sangat terkait erat dengan model teoritis yang melandasi eksplanasi dinamika level partikel. Mode representasi pada level ini diekspresikan secara simbolik mulai dari yang sederhana hingga menggunakan teknologi komputer, yaitu menggunakan kata-kata, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi baik diam maupun bergerak (animasi) atau simulasi. Representasi simbolik yaitu representasi secara kualitatif dan kuantitatif, contoh: rumus matematik, rumus kimia, diagram, gambar, persamaan reaksi, dan perhitungan matematik (Johnstone, 1993). Aristoteles (dalam Sanky, 2005) menyatakan bahwa “tanpa gambar”, berpikir adalah sesuatu yang *impossible*. Pernyataan Aristoteles ini telah didukung oleh beberapa hasil penelitian seperti Stokes (2002) menyatakan bahwa menggunakan strategi visual dalam mengajar akan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Demikian pula, Felder dan Soloman (dalam Sanky, 2005) lebih lanjut menunjukkan bahwa kebanyakan orang belajar secara visual, dan jika konten visual yang memadai dimasukkan dalam materi pelajaran, maka siswa akan menyimpan informasi itu lebih lama. Gambar adalah komponen penting dalam pendidikan, karena dapat menyediakan akses ke informasi visual yang kompleks dan pengalaman yang

tidak dapat di replikasi oleh teks murni. Oleh sebab itu, format pembelajaran yang efektif akan memudahkan terjadinya kombinasi kognitif, jika dalam pembelajaran digunakan pengenalan visual-teks (gambar visual, baik visual statis maupun dinamis).

Kozma dan Russell (2005), menyatakan secara eksplisit bahwa *“representational competence is a term we use to describe a set of skills and practices that allow a person to reflectively use a variety of representations or visualizations, singly and together, to think about, communicate, and act on chemical phenomena in terms of underlying, perceptual physical entities and processes.”* Artinya bahwa kemampuan representasional merupakan suatu terminologi yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan praktik yang merefleksikan penggunaan keanekaragaman representasi atau visualisasi, secara sendiri-sendiri atau bersama-sama, untuk berpikir tentang sesuatu, berkomunikasi, dan bertindak terhadap fenomena sains dalam term yang mendasar, persepsi terhadap perwujudan fisik dan proses. Adapun indikator-indikatornya adalah: 1) menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena sains berdasarkan perwujudan proses molekular; 2) menurunkan/memilih suatu representasi dan memberikan eksplanasi mengapa representasi itu sesuai untuk tujuan tertentu; 3) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur representasi tertentu (seperti : perilaku molekul dalam suatu animasi); 4) mendeskripsikan dan mengeksplanasi bagaimana representasi yang berbeda menyatakan sesuatu yang sama; 5) menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi lain dan mengeksplanasi hubungan diantara representasi-representasi tersebut; 6) mengambil posisi epistemologi representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi dan 7) menggunakan representasi dan fitur-fiturnya dalam situasi sosial untuk membuat inferensi dan prediksi tentang fenomena sains yang diobservasi.

Efek dari gabungan mode-mode representasi tersebut mengandung arti bahwa setiap mode mengalikan kompleksitas makna yang dicapai; setiap mode berinteraksi dan berkontribusi terhadap makna dari konsep yang dipelajari yang berasal dari mode yang lain. Interaksi mode tersebut dapat mengambil bentuk pengertian yang berbeda: kadang-kadang mode yang berbeda dapat membawa arti yang sama, kadang-kadang berbeda dari makna, dan bahkan kadang-kadang juga bertentangan. Contoh di mana kita menemukan informasi yang bertentangan yang disediakan oleh mode yang berbeda adalah representasi dari ukuran relatif atom dan intinya. Representasi diagramatik tidak bisa melakukan pembenaran dengan ukuran yang tepat dari inti atom dibandingkan dengan sebuah atom secara keseluruhan. Semua diagram dalam buku teks sekolah tampaknya membesar-besarkan ukuran inti dalam atom. Namun demikian, data numerik (mode simbolik) atau analogi verbal (mode verbal, seperti analogi antara ukuran relatif bola tenis dan lapangan sepak bola dibandingkan dengan atom dan intinya) yang bisa lebih akurat menggambarkan ukuran relatif inti atom. Perlu dicatat bahwa walaupun informasi yang dinyatakan dalam mode visual tidak konsisten dengan modus lain, yang penting adalah bahwa peserta didik harus memahami sifat representasi multimodal, dan mampu berhubungan antar

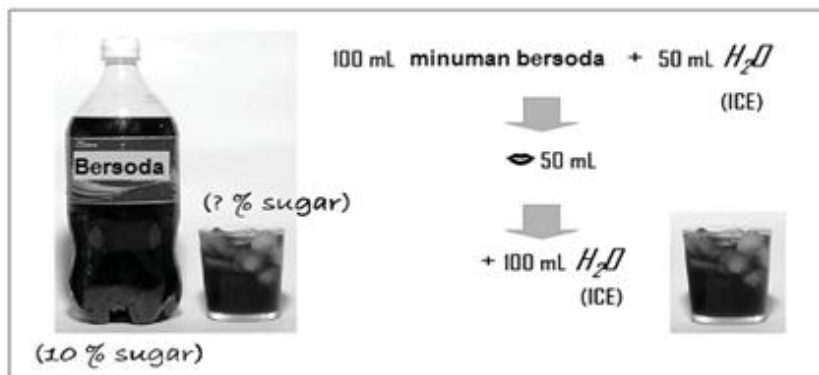
berbagai mode representasi sampai pada pemahaman yang bermakna dari konsep-konsep ilmiah (Chang & Gilbert, 2009).

Berkaitan dengan konteks multipel representasi, bentuk representasi verbal dan visual menjadi penting dalam pembelajaran untuk mengkonstruksi representasi mental peserta didik. Representasi mental adalah kode atas informasi yang harus diingat. Menurut teori pemerosesan informasi bahwa informasi yang diterima melalui panca indera kemudian dikodekan sesuai dengan cara alami individu tersebut berpikir. Kode inilah yang kemudian disimpan dalam bentuk memori. Ketika individu yang bersangkutan membutuhkan informasi tersebut dalam proses mengingat, maka ia perlu memanggil kembali kode tersebut dan melakukan proses pengkodean ulang (Putra, 2008; 156). Dengan demikian, pengingatan dan pemahaman terhadap suatu objek membutuhkan representasi mental. Representasi mental merupakan sebuah model yang di gunakan oleh seseorang untuk memahami lingkungan sekitarnya. Lingkungan sekitar adalah realita eksternal, dan representasi mental adalah realita internal yang ada pada pikiran manusia. Realita eksternal tidak pernah sama dengan realita internal dikarenakan realita internal merupakan penyederhanaan yang dilakukan oleh pikiran seseorang (baik sadar maupun tidak) terhadap realita eksternal (Putra, 2008; 157). Oleh karena itu, dalam mencapai pemahaman yang lebih luas, maka menggabungkan berbagai mode representasi eksternal akan memperkecil kesalahan dalam penyederhanaan realita eksternal.

Pada pembelajaran (khususnya sains), menggabungkan representasi verbal dan visual untuk membangun keterampilan merepresentasikan mode makroskopik, (sub) mikroskopik, dan simbolik menjadi sangat penting. Hal ini sesuai dengan gagasan Geary (dalam Solso, 2008; 274) yang menyatakan bahwa manusia memiliki kemampuan istimewa untuk mengkategorisasikan (artinya secara mental merepresentasikan) objek-objek dunia fisik, (seperti hewan dan tumbuhan) melalui pembayangan mental dan merepresentasikannya secara visual. Dengan kemampuan tersebut, manusia memiliki kemampuan untuk memprediksi dinamika objek yang dihadapi, sehingga berhasil beradaptasi dengan objek tersebut. Representasi visual diartikan sebagai perumpamaan atau pembayangan mental terhadap suatu objek. Pembayangan mental didefinisikan sebagai suatu representasi mengenai objek atau peristiwa yang tidak eksis pada saat terjadinya proses pembayangan (Solso, 2008; 297).

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan multipel representasi dalam pembelajaran akan membantu peserta didik dalam membentuk model mental sebagai pendekatan terhadap realita eksternal. Di samping itu, pembelajaran dengan multipel representasi dapat membangun pengetahuan prosedural dan konseptual, bila dalam pembelajaran dilakukan visualisasi yang menarik untuk konsep-konsep pada level (sub) mikroskopik, dan ada prosedur dalam mentransformasi dari level makroskopik ke simbolik dan/atau ke (sub) mikroskopik atau sebaliknya (Davidowitz, *et al.*, 2010; Jaber & BauJaoude, 2012; Sunyono, 2012, dan 2014; Sunyono, *et al.*, 2015b; Tasker & Dalton, 2006).

Contoh berikut merupakan penyajian multipel representasi yang disampaikan pada siswa untuk memahami konsep pelarutan zat pada pembelajaran IPA di SMP. (Sumber: Jansoon et al., 2009)



Guru menunjukkan kepada peserta satu botol minuman bersoda dengan label 10% w/v larutan gula. Kemudian siswa diminta untuk menerangkan apa yang dapat mereka pahami tentang minuman bersoda tersebut, selanjutnya siswa juga diminta untuk menggambarkan apa yang mereka fahami tersebut dengan berbagai cara representasi (multipel representasi) (Jansoon, N., et al., 2009).

Berdasarkan uraian tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa multipel representasi mengandung pengertian “menyajikan kembali konsep-konsep yang telah dipelajari melalui berbagai cara dan berbagai aksi dan ekspresi,” seperti: penyampaian melalui lisan, gestur, visual (dengan gambar, animasi, simulasi, grafik, piktogram, diagram, dll), verbal (tulisan, grafik, diagram, dll), dan simbolik (lambang, rumus, perhitungan matematik, dll).

1.3 TUJUAN MODEL PEMBELAJARAN MULTIPLE REPRESENTASI (MODEL SIMAYANG)

Model pembelajaran *SiMaYang* dikembangkan dengan tujuan untuk membelajarkan:

1. konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak dengan melibatkan interaksi ketiga fenomena kimia (makro, submikro, dan simbolik) melalui berbagai representasi.
2. keterampilan berpikir melalui daya imajinasi dalam menumbuhkan model mental mahasiswa.
3. rasa percaya diri sehingga menumbuhkan keyakinan pada dirinya untuk berhasil dalam memahami fenomena-fenomena abstrak dalam kehidupan nyata.

1.4 METODE PENULISAN

Buku ini disusun ke dalam 5 (lima) bab pembahasan, yang pembahasannya dimulai dari rasionalitas dari pengembangan model pembelajaran berbasis multiel representasi yang dinamakan model *SiMaYang* sampai dengan kajian empiris dari model pembelajaran yang telah dikembangkan dan diakhiri dengan penutup. Metode penulisan dari setiap Bab dilakukan

melalui kajian empiris (penelitian), kajian sumber bacaan (buku teks), dan jurnal ilmiah (nasional dan internasional).

Pada bab 1 pembahasan didasarkan pada hasil laporan penelitian yang dilakukan penulisan sejak tahun 2009 hingga 2014, kajian beberapa jurnal nasional dan internasional, serta kajian buku dari buku teks. Pembahasan pada Bab 2 lebih banyak ditulis berdasarkan hasil kajian dari buku teks dan jurnal ilmiah. Pembahasan pada Bab 3 dan Bab 4, penulis lebih banyak menguraikan isi dari model pembelajaran SiMaYang didasarkan atas hasil penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 2012 hingga 2014 dan beberapa jurnal ilmiah. Selanjutnya uraian pada Bab 5, penulis memaparkan bukti-bukti keberhasilan dari model pembelajaran SiMaYang berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan baik oleh penulis sendiri, mahasiswa, dan guru.

Berdasarkan uraian-uraian di atas dapat dikatakan bahwa model pembelajaran multipel representasi yang ditulis ke dalam buku ini memiliki alasan yang rasional untuk membantu guru dalam membelajarkan konsep-konsep yang bersifat abstrak dan membantu guru/dosen dalam menginterkoneksi fenomena-fenomena alam level (sub) mikro, makro, dan simbolik.

Dalam belajar sains: Tidaklah penting jenius atau tidak, tetapi berlatih dan berlatih terus menerus adalah yang paling utama. Hanya ada tiga kata kunci untuk berhasil, yaitu belajar..., belajar... , dan belajar....!!!

BAB II

TEORI-TEORI PENDUKUNG

Model pembelajaran multipel representasi (model SiMaYang) merupakan model pembelajaran yang disusun dengan berlandaskan pada teori belajar konstruktivisme, teori pemrosesan informasi, teori pengkodean ganda (*dual coding theory*), teori model mental, dan teori model 7 faktor tentang kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal

2.1 TEORI BELAJAR KONSTRUKTIVISME

Teori belajar konstruktivis sebenarnya bukanlah gagasan yang baru, apa yang dilalui dalam kehidupan kita selama ini sebenarnya merupakan himpunan dan pembinaan dari pengalaman-pengalaman yang telah kita lalui. Pengalaman inilah yang menyebabkan seseorang mempunyai pengetahuan dan menjadi lebih dinamis. Menurut paham ini, pengetahuan bukan tiruan dari realitas, bukan juga gambaran dari dunia kenyataan yang ada. Pengetahuan merupakan hasil dari konstruksi kognitif melalui kegiatan seseorang dengan membuat struktur, kategori, konsep, dan skema yang diperlukan untuk membentuk pengetahuan tersebut. Teori belajar konstruktivisme ini lebih menekankan perkembangan konsep dan pengertian yang mendalam, pengetahuan sebagai konstruksi aktif yang dibuat peserta didik. Jika seseorang tidak aktif membangun pengetahuannya, meskipun usianya tua tetap tidak akan berkembang pengetahuannya. Suatu pengetahuan dianggap benar bila pengetahuan itu berguna untuk menghadapi dan memecahkan persoalan atau fenomena yang sesuai.

Diantara teori-teori atau pandangan-pandangan yang sangat berkaitan dengan teori belajar konstruktivisme, yang paling terkenal adalah teori perkembangan mental Piaget. Teori Piaget biasa juga disebut teori perkembangan intelektual atau teori perkembangan kognitif. Teori Piaget tersebut 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 (Piaget, 1988: 60). Pembentukan pengetahuan menurut model konstruktivisme memandang subyek aktif menciptakan struktur-struktur kognitif dalam interaksinya dengan lingkungan. Dengan bantuan struktur kognitifnya ini, subyek menyusun pengertian realitasnya. Interaksi kognitif akan terjadi sejauh realitas tersebut disusun melalui struktur kognitif yang diciptakan oleh subyek itu sendiri. Struktur kognitif senantiasa harus diubah dan disesuaikan berdasarkan tuntutan lingkungan dan organisme yang sedang berubah. Proses penyesuaian diri terjadi secara terus menerus melalui proses rekonstruksi (Piaget, 1988: 60). Dalam teori konstruktivisme yang terpenting adalah bahwa dalam proses pembelajaran, siswalah yang harus mendapatkan penekanan. Merekalah yang harus aktif mengembangkan pengetahuan mereka, bukannya guru atau orang lain. Mereka yang harus bertanggung jawab terhadap hasil belajarnya. Penekanan belajar siswa secara aktif ini perlu dikembangkan. Kreativitas dan keaktifan siswa akan membantu mereka untuk berdiri sendiri dalam kehidupan kognitif siswa (Suparno, 1997: 81).

Pengetahuan dalam pengertian konstruktivisme tidak dibatasi pada pengetahuan yang logis dan tinggi. Pengetahuan di sini juga dapat mengacu pada pembentukan gagasan, gambaran, pandangan akan sesuatu atau gejala sederhana. Pada pandangan konstruktivis, pengalaman dan lingkungan kadang punya arti lain dengan arti sehari-hari. Pengalaman tidak harus selalu pengalaman fisis seseorang seperti melihat, merasakan dengan indranya, tetapi dapat pula pengalaman mental yaitu berinteraksi melalui pikiran dengan suatu objek (Suparno, 1997: 80). Menurut paham konstruktivisme, kita sendiri yang aktif dalam mengembangkan pengetahuan. Pemerolehan ini dilakukan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan, menggali dan menilai sendiri apa yang kita ketahui (Anonim, 2002: 1).

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 pikiran dengan bantuan struktur kognitif yang telah ada dalam pikirannya tersebut (Cobb, 1994: 15). Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan pembelajaran konstruktivis, 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. Dalam perkembangan intelektual ada tiga hal penting yang menjadi perhatian Piaget yaitu struktur, isi dan fungsi (Piaget, 1988: 61).

- a. Struktur. Menurut Piaget (1988) ada hubungan fungsional antara tindakan fisik, tindakan mental dan perkembangan logis anak-anak. Tindakan (*action*) menuju pada operasi-operasi dan operasi-operasi menuju pada perkembangan struktur. Operasi memiliki empat ciri yaitu:

- (1) operasi merupakan tindakan terinternalisasi, (2) operasi bersifat *reversible*, (3) operasi selalu tetap walaupun terjadi transformasi, (4) tidak ada operasi yang berdiri sendiri. Suatu operasi selalu berhubungan dengan struktur atau sekumpulan operasi.
- b. Isi, merupakan pola perilaku anak yang khas dan tercermin pada respon yang diberikannya terhadap berbagai masalah atau situasi yang dihadapinya.
 - c. Fungsi, adalah cara yang digunakan organisme untuk membuat kemajuan intelektual. Menurut Piaget perkembangan intelektual didasarkan pada dua fungsi yaitu organisasi dan adaptasi. Organisasi mengacu pada kemampuan organisme untuk mengestimasi atau mengorganisasi proses-proses fisik atau psikologis menjadi sistem-sistem yang teratur dan berhubungan. Adaptasi terhadap lingkungan dilakukan melalui dua proses yaitu asimilasi dan akomodasi.

Asimilasi

Asimilasi adalah suatu proses kognitif dimana seseorang mengintegrasikan persepsi, konsep ataupun pengalaman baru ke dalam skema atau pola yang sudah ada dalam pikiran. Asimilasi dipandang sebagai suatu proses kognitif yang menempatkan dan mengklasifikasikan kejadian atau rangsangan baru dalam skema yang telah ada. Asimilasi tidak akan menyebabkan perubahan/pergantian skemata melainkan perkembangan skemata. Misalnya, seseorang yang baru mengenal konsep balon, maka dalam pikiran orang itu memiliki skema "balon". Kalau ia mengempeskan balon itu kemudian meniupnya lagi sampai besar dan meletus atau mengisinya dengan air sampai besar, ia tetap memiliki skema tentang balon. Perbedaannya adalah skemanya tentang balon diperluas dan terinci lebih lengkap, bukan hanya sebagai balon yang menggelembung karena terisi udara, melainkan balon dengan macam-macam sifatnya.

Skemata (skema) adalah suatu struktur mental atau kognitif dimana seseorang secara intelektual beradaptasi dan mengkoordinasi lingkungan sekitarnya. Skema itu akan beradaptasi dan berubah selama perkembangan mental anak. Skema bukanlah benda nyata yang dapat dilihat, melainkan suatu rangkaian proses dalam sistem kesadaran orang, maka tidak memiliki bentuk fisik dan tidak dapat dilihat. Skema adalah hasil kesimpulan atau bentukan mental, konstruksi hipotesis, seperti intelek, kreativitas, kemampuan, dan naluri. Skema tidak pernah berhenti berubah sesuai perkembangan mental anak berdasarkan pengalamannya. Skema seorang anak berkembang menjadi skema orang dewasa.

Akomodasi

Dalam menghadapi rangsangan atau pengalaman baru seseorang tidak dapat mengasimilasikan pengalaman yang baru dengan skema yang telah dipunyai. Pengalaman yang baru itu bisa jadi sama sekali tidak cocok dengan skema yang telah ada. Dalam keadaan demikian orang akan mengadakan akomodasi. Akomodasi yang terjadi berguna untuk membentuk skema baru yang cocok dengan rangsangan yang baru atau memodifikasi skema yang telah ada sehingga

cocok dengan rangsangan itu. Menurut Piaget, adaptasi merupakan suatu kesetimbangan antara asimilasi dan akomodasi. Bila dalam proses asimilasi seseorang tidak dapat mengadakan adaptasi terhadap lingkungannya maka terjadilah ketidakseimbangan (*disequilibrium*). Akibat ketidakseimbangan itu maka terjadilah akomodasi dan struktur kognitif yang ada akan mengalami perubahan atau munculnya struktur yang baru. Pertumbuhan intelektual ini merupakan proses terus menerus tentang keadaan ketidaksetimbangan dan keadaan setimbang (*disequilibrium-equilibrium*). Namun, bila terjadi kesetimbangan maka individu akan berada pada tingkat yang lebih tinggi daripada sebelumnya.

Konstruktivisme Vygotskian

Konstruktivisme Vygotskian memandang bahwa pengetahuan dikonstruksi secara kolaboratif antar individual dan keadaan tersebut dapat disesuaikan oleh setiap individu. Proses dalam kognisi diarahkan melalui adaptasi intelektual dalam konteks sosial budaya. Proses penyesuaian itu setara dengan pengkonstruksian pengetahuan secara intra individual yakni melalui proses regulasi diri secara internal. Dalam hubungan ini, para konstruktivis Vygotskian lebih menekankan pada penerapan teknik saling tukar gagasan antar individual (Shaffer, 1996: 274-275). Dua prinsip penting yang diturunkan dari teori Vygotsky adalah: (1) mengenai fungsi dan pentingnya bahasa dalam komunikasi sosial yang dimulai pada 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 siswa 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. Vygotsky juga yakin bahwa pembelajaran terjadi saat siswa 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. Menurut Shaffer (1996: 274-275), *Zone of proximal development* adalah daerah antar tingkat perkembangan sesungguhnya (kemampuan memecahkan masalah secara mandiri) dan tingkat perkembangan potensial (kemampuan pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa atau teman sebaya yang lebih mampu).

Piaget dan Vygotsky pada prinsipnya memiliki beberapa perbedaan karakteristik. Piaget menyatakan proses pembelajaran bersifat internal sedangkan Vygotsky menyatakan bersifat eksternal. Menurut Piaget, proses pendewasaan dalam diri menjadi faktor utama yang mempengaruhi proses pembelajaran siswa, sedangkan Vygotsky lebih mengutamakan faktor dunia luar. Vygotsky menyatakan pengetahuan dibangun siswa dalam konteks budaya dan atas dasar interaksinya dengan teman sebaya atau faktor eksternal yang lain. Vygotsky menyatakan

bahwa konsep tidak bisa dibangun tanpa melakukan suatu interaksi sosial (Howe, 1996: 42). Suatu model pembelajaran konstruktivis dapat berpijak dari dua teori tersebut.

Implikasi dari teori konstruktivisme dalam proses pembelajaran adalah pembelajar melakukan proses aktif dalam mengkonstruksi gagasan-gagasannya menuju konsep yang bersifat ilmiah. Pembelajar 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 menerapkan teori konstruktivisme dalam pembelajaran, yaitu: (a) siswa sebagai pusat dalam pembelajaran, (b) pengetahuan yang akan disajikan disusun secara sistematis dan terstruktur sehingga mudah dipahami oleh siswa, (c) memanfaatkan media yang baik (Bruner, 2001: 12).

Pengetahuan yang dibangun dalam pikiran peserta didik didasarkan atas struktur-struktur kognitif atau skema yang telah ada sebelumnya, memberi basis teoritis untuk membedakan antara belajar bermakna dan belajar hafalan. Belajar secara bermakna, individu-individu harus memilih untuk menghubungkan pengetahuan baru dengan konsep-konsep yang relevan dan proporsi-proporsi yang telah mereka ketahui. Dalam belajar hafalan, pengetahuan baru mungkin dapat dikuasai secara lebih sederhana dengan jalan mengingat kata demi kata secara harfiah dan arbitrer untuk digabungkan ke dalam struktur pengetahuan yang berinteraksi dengan apa yang sudah ada sebelumnya (Bodner, 1986: 15). Belajar menurut model konstruktivis merupakan proses aktif siswa dalam mengkonstruksi pemikirannya.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa menurut pandangan konstruktivis, guru/dosen berperan sebagai mediator dan fasilitator yang membantu agar proses belajar dapat berjalan sebagaimana mestinya. Sebagai fasilitator dan mediator tugas guru/dosen dapat dijabarkan sebagai berikut:

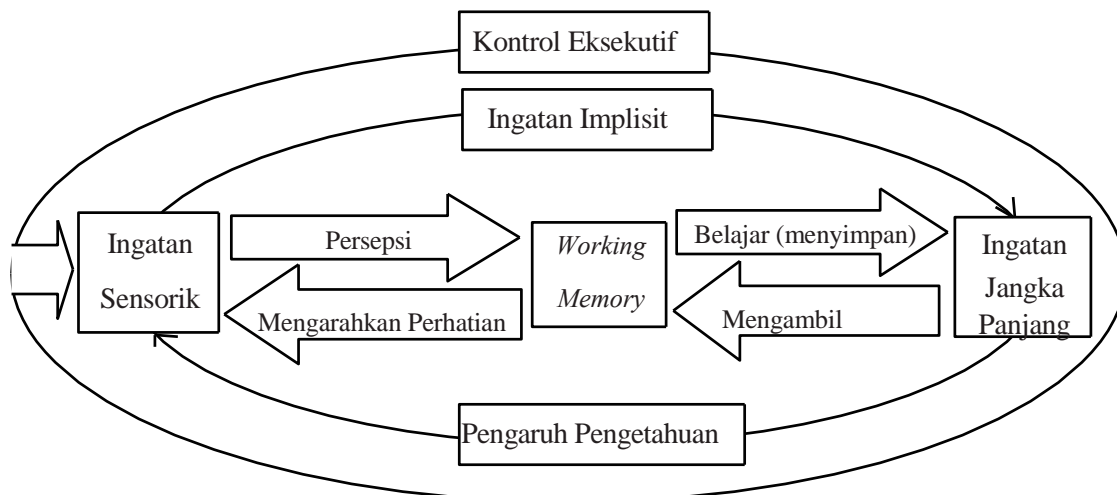
- Menyediakan pengalaman belajar yang memungkinkan peserta didik bertanggung jawab dalam merencanakan aktivitas belajar, proses belajar serta hasil belajar yang diperolehnya.
- Menciptakan sejumlah kegiatan yang dapat merangsang keingintahuan peserta didik dan mendorong mereka untuk mengekspresikan gagasan-gagasannya serta mengkomunikasikan gagasan-gagasan tersebut secara ilmiah;
- Menyediakan sarana belajar yang merangsang peserta didik berpikir secara produktif. Guru/dosen hendaknya menciptakan rangsangan belajar melalui penyediaan situasi problematik melalui berbagai representasi yang memungkinkan peserta didik memecahkan masalah;
- Memonitor, mengevaluasi, dan menunjukkan tingkat perkembangan berpikir peserta didik.

2.2 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 & Shiffrin, sedangkan model tingkat pemrosesan dikembangkan oleh Craik dan Lockhart (Solso, 2008; 163-196). Dalam model pemrosesan informasi yang dikembangkan oleh Atkinson & Shiffrin (Solso, 2008; 163-196), 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, input 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 perilaku manusia, seperti berbicara, menulis, interaksi sosial, dan sebagainya. Menurut Woolfolk (2008; 8), 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 untuk kembali ke *working memory*. Dengan demikian, ingatan implisit ini dibentuk tanpa upaya sadar. Sistem pemrosesan informasi ini digambarkan oleh Woolfolk (2008; 8) sebagaimana Gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem Pemrosesan Informasi (Woolfolk, 2008; 8)

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 relatif permanen, meskipun kadang-kadang sulit untuk diakses (lupa) akibat adanya interferensi dari informasi yang baru (Solso, R.L., 2008; 162-164). Teori pemrosesan informasi ini melandasi teori pembayangan mental (*mental imagery*), yang salah satunya adalah teori pengkodean ganda (*dual coding*).

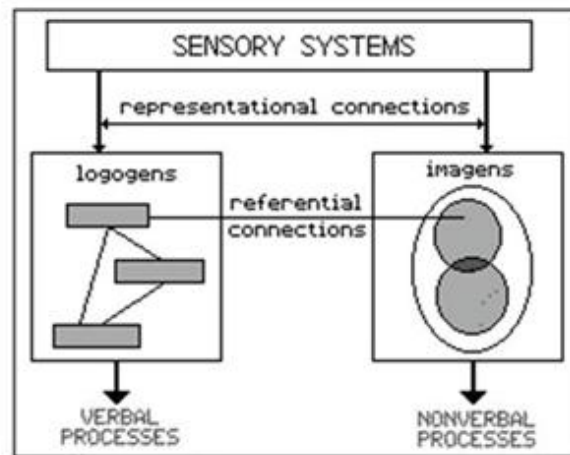
2.3 TEORI PENGKODEAN GANDA (*DUAL CODING THEORY = DCT*)

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 (Sadoski & Paivio, 2007; dan Sadoski, 2009). Menurut teori ini, informasi yang diterima seseorang diproses melalui salah satu dari dua *channel*, yaitu *channel* verbal seperti teks dan suara, dan *channel* visual (*nonverbal image*) seperti diagram, gambar, dan animasi (Solso, 2008; 300 - 302). Kedua *channel* informasi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. *Channel* verbal memproses informasi secara berurutan sedangkan *channel* nonverbal memproses informasi secara bersamaan (sinkron) atau paralel.

Aktivitas berpikir dimulai ketika sistem *sensory memory* menerima rangsangan dari lingkungan, baik berupa rangsangan verbal maupun rangsangan nonverbal. Hubunganhubungan representatif (*representational connections*) 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 dan Paivio, 2007; dan Sadoski, 2009). 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* (Gambar 2.2.).

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 dalam 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.



Gambar 2.2 Model Umum Teori Dual Coding (Solso, 2008; 302)

Kedua kode verbal dan nonverbal mempunyai dua bentuk yang berbeda dalam pengolahan informasi yang berasal dari pengalaman eksternal (Sadoski dan Paivio, 2007). *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. Namun, kedua jenis representasi mental juga dapat diaktifkan secara tidak langsung, seperti ketika kita secara spontan membuat gambar, kata-kata, atau menyebutkan nama benda (Sadoski dan Paivio, 2007). 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 deskripsi verbal yang disajikan secara rinci. Dua meta-analisis dari studi eksperimen tentang representasi mental menemukan dampak keseluruhan substansial tentang citra mental (Driskell, *et al.*, 1994).

Dalam DCT, kedua *channel* pemerosesan informasi tersebut tidak ada yang lebih dominan. Namun demikian, Carlson, Chandler, dan Sweller tahun 2003 (dalam Ma, Y., 2008) 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.

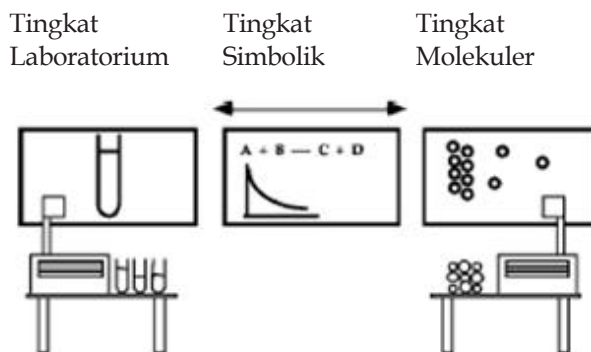
Dengan memanfaatkan sistem visual manusia untuk memproses informasi secara paralel dengan informasi verbal, kita bisa membaipass atau mengurangi efek pembebanan yang dapat terjadi dalam memori kerja (Zhang, *et al.*, 2002). Selanjutnya, dengan memanfaatkan ilustrasi atau gambar sederhana (yang bukan kompleks), akan dapat mengurangi beban pada memori kerja (*working memory*). Sebagai kesimpulan tentang DCT ini jika dikaitkan dengan bagaimana seseorang memproses suatu informasi baru, dapat dinyatakan bahwa teori ini mendukung 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). Sejalan dengan pernyataan tersebut, penulis berpendapat bahwa 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 sains yang melibatkan tiga level fenomena (makro, submikro, dan simbolik).

Sebagaimana telah disebutkan di atas bahwa pembelajaran sains yang berlangsung selama ini cenderung memprioritaskan hanya pada level representasi makroskopik dan simbolik. Representasi sub-mikroskopik atau level molekuler hanya di representasikan secara verbal, dan model-model molekul kurang mendapatkan apresiasi, padahal model-model molekul tersebut dapat menjembatani pembelajaran sains di antara ketiga level tersebut. Oleh sebab itu, tidak diapresiasikannya level sub-mikroskopik dalam pembelajaran merupakan salah satu penyebab peserta didik terhambat dalam upayanya untuk meningkatkan kemampuan representasional (Chittleborough & Treagust, 2007).

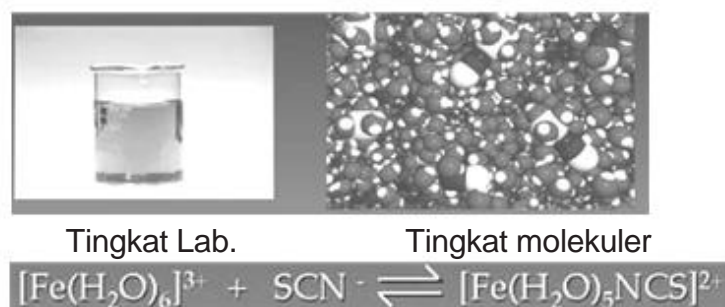
Penggunaan model konkret, representasi gambar, animasi dan simulasi telah terbukti menguntungkan bagi proses pemahaman konsep sains oleh peserta didik khususnya pada konsep level molekuler (Tasker dan Dalton, 2006). Dalam hal ini, Tasker & Dalton (2006) menyarankan perlunya pengembangan model mental 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 aplikasi dari DCT pada level molekuler, terutama pembelajaran sains. Representasi sistem pemrosesan informasi audio-visual untuk kesetimbangan ion besi(III) tiosianat diilustrasikan dalam Gambar 2.3 dan 2.4.

Menurut Tasker dan Dalton (2006), dalam pembelajaran sains (terutama sains) yang perlu diperhatikan adalah karakteristik dari sains tersebut, misalnya dalam ilmu kimia, karakteristiknya

menurut Tasker Dalton bahwa “*chemistry involves interpreting observable changes in matter (eg. colour changes, smells, bubbles) at the concrete **macroscopic** or **laboratory level** and in terms of imperceptible changes in structure and processes at the imaginary **sub-micro** or **molecular level**.*”



Gambar 2.3 Penggunaan pendekatan tiga level berfikir dalam pembelajaran. Pendekatan ini melibatkan kegiatan laboratorium, tutorial, dan assesment (Tasker, & Dalton, 2006).



Gambar 2.4 Kesetimbangan ion besi(III) tiosianat yang dinyatakan dalam tiga tingkat representasi (tingkat lab, molekuler, dan simbolik) (Sumber: Tasker & Dalton, 2006).

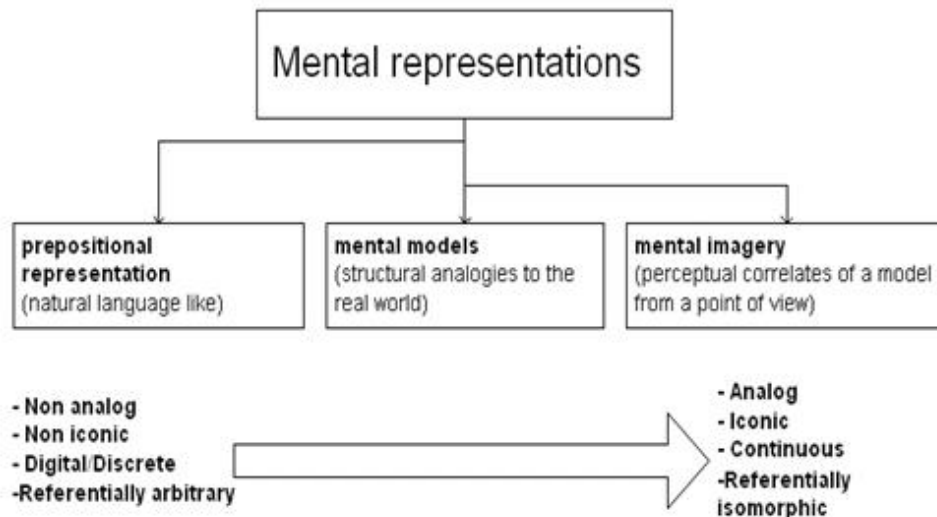
Apa yang dikatakan Tasker dan Dalton dapat diartikan bahwa ilmu sains selalu melibatkan proses-proses perubahan yang dapat diamati (misalnya perubahan warna, bau, gelembung) di tingkat makroskopik atau laboratorium, dan perubahan yang tidak dapat diamati dengan indra mata, seperti perubahan struktur atau proses di tingkat sub-mikro atau molekul imajiner. Perubahan-perubahan ditingkat 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 dengan menggunakan matematika (persamaan dan grafik).

2.4 TEORI MODEL MENTAL

Aplikasi 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 pendidikan sains (fisika, sains, dan biologi) dan matematika. Pakar psikologi kognitif Johnson-Laird (Solaz-Portolés, 2007) merumuskan suatu definisi model mental dalam upayanya untuk menjelaskan proses-proses penalaran seseorang dalam mengerjakan tugas silogisme dan membentuk representasi internal berupa model mental dalam suatu *working memory* (memori kerja = MK) tentang dunia dan mengkombinasikan informasi yang telah tersimpan dalam memori jangka panjang (*Long-Term Memory* = LTM) dengan informasi yang ada pada karakteristik dari tugas, kemudian diekstrak (disaring) oleh proses-proses perseptual dalam memori. Model mental Johnson-Laird merupakan salah satu proposisi dari representasi mental dalam menggambarkan tentang dunia. Menurut Johnson-Laird (dalam Khella, 2002) bahwa representasi mental (representasi internal) memiliki tiga jenis proposisi (Gambar 2.5), yaitu representasi preposisi, model mental, dan pembayangan mental (*mental imagery*).

Beberapa penelitian tentang interaksi model mental dengan sistem dunia fisik menyatakan bahwa seseorang membentuk representasi dalam MK dengan cara mengkombinasikan pengetahuan yang tersimpan dalam LTM dan informasi tersebut selanjutnya diekstrak oleh proses perseptual dari karakteristik tugas yang diberikan (Cañas, 2001). Dengan demikian, terdapat dua penggunaan istilah model mental oleh para peneliti.



Gambar 2.5 Proposisi Johnson-Laird tentang Tiga Tipe Representasi Mental (Khella, 2002).

Beberapa peneliti mendefinisikan model mental adalah suatu representasi yang tersimpan dalam MK, sedangkan peneliti lainnya lebih cenderung menggunakan istilah model mental untuk pengetahuan yang tersimpan dalam LTM (Cañas, 2001, dan Solaz-Portolés, 2007). Oleh sebab itu, dalam menghadapi dua persoalan definisi model mental tersebut, kita perlu memposisikan diri dengan mengkombinasikan dua definisi tersebut, yaitu model mental merupakan representasi

dinamik yang terbentuk dalam MK dan dikombinasikan dengan informasi yang tersimpan dalam LTM dan informasi yang diekstrak dari lingkungan atau tugas (Cañas, 2001). Dengan demikian, fungsi model mental adalah untuk mensimulasikan realitas dalam MK.

Bower dan Morrow (dalam Strickland, *et al.*, 2010) mendefinisikan model mental dalam pernyataan berikut: *"We build models that represent significant aspects of our physical and social world, and we manipulate elements of those models when we think, plan, and try to explain events of that world."* Maksudnya: "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". Selanjutnya dikatakan bahwa *"an individual's mental models are complex knowledge constructs representing the person's experiences regarding a particular phenomenon. The construction of mental models is not limited to tangible objects; the phenomena may be as abstract as the notions of 'right' and 'wrong'"*. 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, 2006).

Menurut para pakar psikologi kognitif, model mental adalah representasi model skala-internal terhadap realitas eksternal, atau sebagai representasi pribadi mental seseorang terhadap suatu ide atau konsep (Greca and Moreira, 2001). 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 & Treagust, 2007; dan Chittleborough, *et al.*, 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 subjek 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 and Moreira, 2001). Dalam hal ini, para pakar psikologi kognitif seringkali menggunakan kajian akademik tentang model mental untuk memperoleh informasi tentang proses-proses berpikir, terutama dalam pemecahan masalah (*problem solving*). 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, 2004).

Berdasarkan uraian tentang model mental di atas, maka dapat dikatakan bahwa model mental adalah representasi pribadi (internal) dari suatu objek, ide, atau proses yang dihasilkan oleh seseorang selama proses kognitif berlangsung (Harrison and Treagust, 2000). 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, aljabar/matematis, bahkan juga deskripsi verbal dengan kata-kata atau bentuk tulisan cetak, dan lain-lain), kemudian dapat dikomunikasikan pada orang lain (Borges and Gilbert, 1999; dan Greca and Moreira, 2001). Sistem representasi yang ditampilkan secara verbal, diagram, grafik, simulasi, aljabar/matematis/ simbolik, dan sebagainya tersebut merupakan representasi eksternal yang dihasilkan dari interaksi antara model mental dengan objek fisis. Oleh sebab itu dalam mengkaji model mental, peneliti menggunakan model-model yang diekspresikan (*expressed models*) oleh responden yang diteliti, sehingga temuan penelitian tersebut merupakan interpretasi peneliti terhadap model-model mental yang diekspresikan responden (Coll & Treagust, 2003).

Pada penelitiannya, Sunyono (2014) mendefinisikan model mental dalam pembelajaran sebagai *expressed model* (model yang diekspresikan) oleh siswa/mahasiswa terhadap konsep-konsep materi pelajaran 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 deskripsi verbal dengan kata-kata atau bentuk tulisan cetak, dan lain-lain. Instrumen yang umumnya digunakan oleh para peneliti untuk mengkaji model mental adalah instrumen tes soal pilihan ganda, soal *open-minded* (dengan gambar, grafik, simbol, yang disertai penjelasan), soal *essay*, interviu yang sering dilengkapi dengan gambar, grafik, model konkrit, atau simbol, atau dapat berupa interviu dengan penyajian soal, atau observasi kelas (Chittleborough, & Treagust, 2007; Jansoon, *et al.*, 2009; Schönborn & Anderson, 2009; Davidowitz, *et al.*, 2010; Strickland, *et al.*, 2010; dan McBroom, 2011). Dalam hal ini, Sunyono (2014) menggunakan soal-soal *essay* dan wawancara. untuk menganalisis profil model mental peserta didik. Model mental peserta didik digambarkan dengan menafsirkan tanggapan/respon yang diperlihatkan terhadap masalah yang dihadapi melalui tes model mental dan wawancara.

Berdasarkan kajian empiris tersebut di atas, ternyata untuk menumbuhkan model mental siswa, salah satu cara yang perlu dilakukan adalah melaksanakan pembelajaran dengan melibatkan multipel representasi, mengingat pembelajaran dengan multipel representasi sangat efektif dalam menumbuhkan model mental siswa (Sunyono, *et al.*, 2015a dan Sunyono, *et al.*, 2015b). Selanjutnya, informasi mengenai model-model mental dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan strategi pembelajaran berikutnya untuk membangun pemahaman konsep yang bermakna. Membangun pemahaman konsep yang bermakna membutuhkan pengembangan model mental dan kemasan belajar untuk menghasilkan keterampilan penalaran sistematis (Sunyono, *et al.*, 2015a).

Pada beberapa penelitian pendidikan, model mental peserta didik dalam memahami suatu fenomena representasi eksternal dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe. Diantaranya Coll & Treagust (2003) mengklasifikasi 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.

Klasifikasi tersebut mirip dengan klasifikasi yang dilakukan oleh Wang (2007). Dalam penelitiannya, Wang mengklasifikasi model mental sebagai kemampuan model mental ke dalam tiga kategori, yaitu;

1. Kemampuan model mental kategori rendah (*low*), yaitu model mental yang ditunjukkan dengan ketidakmampuan mahasiswa 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 mahasiswa 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 mahasiswa dalam melakukan interpretasi terhadap visualisasi 2 dimensi dan 3 dimensi tentang geometri molekul.

Klasifikasi lain dikemukakan oleh Park, *et al.* (2009) bahwa model mental dapat diklasifikasikan menjadi 5 bagian. Menurut Park, 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 tersebut adalah:

1. Model mental awal atau model yang belum terbentuk adalah 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 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.

Klasifikasi yang dikemukakan oleh Park, *et al.* (2009) dapat diekstrapolasikan ke dalam klasifikasi yang dikemukakan oleh Coll & Treagust (2003), yaitu model mental awal diidentikkan dengan model mental yang belum terbentuk, model mental intermediet 1 dan 2 diidentikkan dengan model mental alternatif, model mental intermediet 3 sebagai model mental konsensus, dan model mental target. Selanjutnya berdasarkan skor tes model mental yang diperoleh peserta didik, Sunyono (2014, dan 2015b) mengklasifikasi model mental peserta didik sebagai ke dalam 5 (lima) kategori, sebagaimana Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategorisasi Model Mental Berdasarkan Skor Tes Model Mental

No.	Kategori	Model Mental (Park, et al., 2009)	Penjelasan
1.	Buruk sekali	Model 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 peserta didik 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 (moderat)	Model mental peserta didik yang ditandai dengan konsep yang dimiliki peserta didik dan gambar struktur yang dibuat mendekati kebenaran keilmuan.
4.	Baik	Intermediet 3 (Konsensus)	Model mental yang 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	Baik sekali	Target	Model mental yang ditandai dengan konsep/penjelasan dan gambar struktur yang dibuat peserta didik tepat secara keilmuan.

Sumber: Sunyono (2014 dan 2015b)

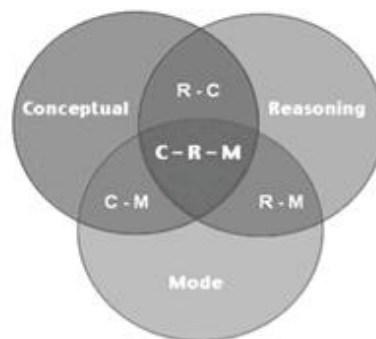
2.5 TEORI MODEL 7 FAKTOR TENTANG KEMAMPUAN PESERTA DIDIK DALAM MENGINTERPRETASIKAN REPRESENTASI EKSTERNAL DARI SCHÖNBORN.

Dalam membangun model mental, Schönborn and Anderson (2009) melaporkan bahwa terdapat 7 (tujuh) model tentang faktor-faktor yang menentukan kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal (ER) fenomena sains (khususnya sains), yang disebut sebagai model triarkis (*triarchic model*). Tujuh faktor tersebut terbagi ke dalam dua bagian, yaitu tiga faktor utama dan empat faktor gabungan. Tiga faktor utama adalah kemampuan penalaran (R faktor), pemahaman peserta didik mengenai relevansi konsep terhadap ER (faktor C), dan sifat dari mode dimana fenomena yang diinginkan dinyatakan oleh ER (Faktor M) (Schönborn and Anderson, 2006).

Ketiga faktor tersebut, kemudian dikombinasikan menghasilkan 4 (empat) faktor lagi yang tidak bisa dipisahkan dari ketiga faktor awal tersebut. Keempat faktor hasil kombinasi (interaksi) ketiga faktor R, C, dan M tersebut adalah:

1. faktor R-C (interaksi antara *reasoning* dan *conceptual*) yaitu faktor pengetahuan konseptual dari dalam diri individu mengenai interpretasinya terhadap ER,
2. faktor R-M (interaksi antara *reasoning* dan *mode of representation*) yaitu faktor pengetahuan konseptual dari hasil penalaran terhadap fitur atau model representasi eksternal (ER) yang sedang dihadapi,
3. faktor C-M (interaksi antara *conceptual* dan *mode of representation*) yaitu pengetahuan konseptual yang proporsional dan interaktif terhadap ER serta mempengaruhi interpretasi terhadap ER, dan
4. faktor C-R-M (interaksi antara *conceptual*, *reasoning*, dan *mode of representation*), yaitu kemampuan seorang mahasiswa untuk melibatkan semua faktor kemampuan dasar yang dimiliki agar dapat menginterpretasikan ER dengan baik.

Ketujuh model *triarchic* tersebut digambarkan dalam bentuk diagram Venn sebagaimana Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Venn yang menggambarkan tujuh konsep dasar yang menentukan kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan ER (Schönborn and Anderson, 2009)

Tujuh konsep dasar kemampuan mahasiswa dalam menginterpretasikan ERs (*external representations*) yang dikembangkan oleh Schönborn dan Anderson (2009) dapat bertindak sebagai sebuah kerangka diagnostik umum untuk memandu para peneliti dan pendidik dalam melakukan analisis hasil belajar yang berhubungan dengan kesulitan peserta didik dalam memahami mode ER. Apakah kesulitan peserta didik tersebut berkaitan dengan informasi konseptual (C) atau penalaran (R-M atau R-C), atau apakah kesulitan berada pada sifat dari fitur grafis sebuah representasi eksternal (M dan C-M)?.

Berdasarkan hasil penelitian Schönborn and Anderson (2009), dapat dikatakan bahwa jika dilihat dari sifat masing-masing faktor, model dapat berfungsi sebagai sebuah *template* (pola) pendekatan untuk pembelajaran, termasuk di dalamnya strategi intervensi untuk meningkatkan interpretasi peserta didik dalam mempelajari representasi eksternal. Dengan demikian, model tersebut mempunyai suatu aplikasi umum untuk semua jenis representasi eksternal dalam sains, termasuk di dalamnya representasi statis dan dinamis, animasi atau visualisasi, dan representasi multimedia.

Beberapa penelitian-penelitian telah membuktikan bahwa pembelajaran dengan melibatkan representasi visual eksternal mampu meningkatkan daya nalar peserta didik, sehingga model mentalnya dapat dibangun dengan baik. Dalam hal ini, Davidowitz, *et al.* (2010) menyatakan bahwa pembelajaran dengan melibatkan representasi visual dapat meningkatkan penalaran peserta didik. Jaber & BauJaoude (2012) pembelajaran dengan melibatkan inteaksi tiga level fenomena kimia (makro - mikro - simbolik) dapat meningkatkan kemampuan representasional peserta didik dalam memahami reaksi kimia pada level molekuler. Hilton & Nicols (2011) pemahaman terhadap fenomena yang lebih kompleks dan abstrak sulit dapat dicapai oleh peserta didik tanpa melibatkan multipel representasi. Kesulitan pemahaman terhadap fenomena-fenomena kompleks tersebut dapat menyebabkan sulitnya peserta didik dalam membangun model mental. Selanjutnya, Sunyono (2012, dan 2014) dan Sunyono,*et al.* (2015b) membuktikan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model berbasis multipel representasi mampu mensejajarkan peserta didik yang memiliki kemampuan awal rendah dengan peserta didik yang memiliki kemampuan awal sedang dan tinggi dalam menumbuhkan model mental dan meningkatkan penguasaan konsep.

Setiap manusia di dunia ini diciptakan istimewa oleh Tuhan dengan bakatnya masing-masing. Tapi terkadang manusia lupa diri dan terhalang oleh pikirannya sendiri dalam mengembangkannya.

BAB III

MODEL PEMBELAJARAN SiMaYang

3.1 PENGEMBANGAN MODEL SIMAYANG

Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya bahwa kebutuhan akan pembelajaran yang dapat diakses oleh semua siswa dengan berbagai latar belakang kemampuan, salah satunya adalah dengan melibatkan strategi pembelajaran berbasis multipel representasi. Model pembelajaran dengan strategi tersebut diharapkan mampu menjembatani kesulitan peserta didik dalam memahami fenomena-fenomena yang bersifat abstrak. Tentu saja pembelajaran demikian merupakan pembelajaran yang mampu menginterkoneksi ketiga level fenomena alam (makro, sub-mikro, dan simbolik).

Model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran berbasis multipel representasi yang dikembangkan dengan mengkombinasikan teori faktor interaksi (tujuh konsep dasar) yang mempengaruhi kemampuan peserta didik untuk merepresentasikan fenomena sains (Schönborn dan Anderson, 2009) ke dalam kerangka model IF-SO (Waldrip, 2010). Tujuh konsep dasar tersebut yang telah diidentifikasi oleh Schönborn dan Anderson (2009) adalah kemampuan penalaran peserta didik (*Reasoning*; R), pengetahuan konseptual peserta didik (*Conceptual*; C); dan keterampilan memilih mode representasi peserta didik (*representation modes*; M). Faktor M dapat dianggap berbeda dengan faktor C dan R, karena faktor M tidak bergantung pada campur tangan manusia selama proses interpretasi dan tetap konstan kecuali jika ER dimodifikasi, selanjutnya empat faktor lainnya adalah faktor R-C merupakan pengetahuan konseptual dari diri sendiri tentang ER, faktor R-M merupakan penalaran terhadap fitur dari ER itu sendiri, faktor C-M adalah faktor interaktif yang mempengaruhi interpretasi terhadap ER, dan faktor C-R-M adalah interaksi dari ketiga faktor awal (C-R-M) yang mewakili kemampuan seorang peserta didik untuk melibatkan semua faktor dari model agar dapat menginterpretasikan ER dengan baik.

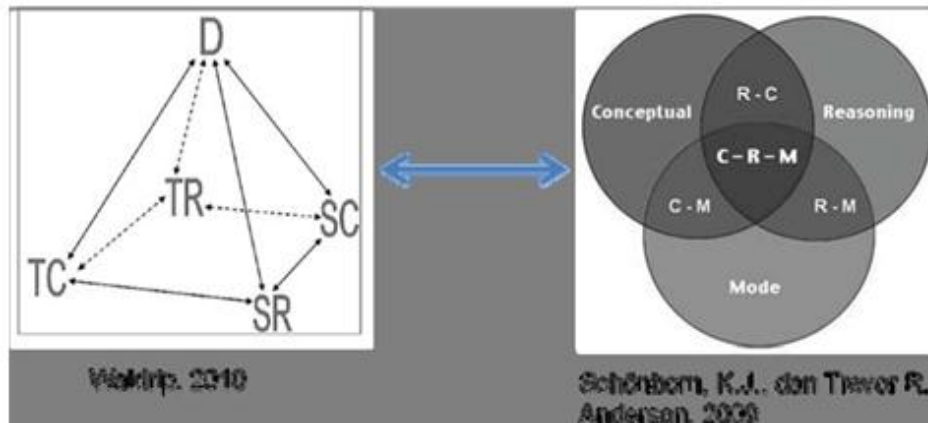
Kerangka model IF-SO berfokus pada isu-isu kunci dalam perencanaan pembelajaran suatu topik tertentu (I dan F), dan peran guru/dosen dan peserta didik (siswa/mahasiswa) dalam pembelajaran melalui pemilihan representasi selama topik tersebut di belajarkan (S dan O). Model kerangka IF-SO merupakan kombinasi dari tiga komponen pedagogik (domain, guru/dosen, dan peserta didik) yang digambarkan dalam bentuk triad yang saling berkaitan. Persepektif pembelajaran dengan model triad, proses pembelajaran sains menuntut keterlibatan berbagai triad yang meliputi domain (D), konsepsi guru/dosen (TC), representasi guru/dosen (TR), konsepsi peserta didik (SC), dan representasi peserta didik (SR), yang semuanya saling mendukung satu sama lain. Model kerangka IF-SO yang bersifat teoritis tersebut telah dikembangkan dan diaplikasikan dalam pembelajaran Fisika Kuantum oleh Abdurrahman (2010). Dalam penelitiannya, Abdurrahman mendesain pembelajaran model IF-SO menjadi beberapa *lesson plan* untuk mengembangkan disposisi berpikir kritis dan keterampilan generik sains. Kerangka IF-SO belum disusun secara detail dalam bentuk sintak yang berurutan, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Deskripsi model jejaring IF-SO (Waldrip, 2010 dan Abdurrahman, 2010)

No	Deskripsi Pembelajaran
I. Faktor Konseptual dan Penalaran	
1	Mengevaluasi konsep-konsep sebelumnya
2	Menentukan tujuan pembelajaran dan tujuan dari setiap tingkatan kemampuan awal peserta didik.
3	Memilih sumber belajar untuk membantu peserta didik menemukan konsep-konsep baru (buku teks, gambar, eksperimen, analogi dan sebagainya).
4	Mengembangkan interaksi (bekerja secara kolaborasi, bekerja berpasangan, dengan guru, melalui gambar, persamaan, dan sebagainya).
5	Menciptakan aktivitas (tugas, percobaan, kuis, dan tes)
6	Evaluasi: diagnostik, formatif, dan sumatif.
II. Perubahan Representasi	
1	Memberikan tingkat abstraksi yang berbeda tentang konsep tertentu (sifat, teks, diagram, grafik, matematik, dan simbolis).
2	Bekerja dengan kekomplekan fenomena submiskroskopis (menggunakan visualisasi, gambar, grafik, simulasi, animasi, dan analogi).
3	Mengkontekstualkan aktivitas (eksperimen di laboratorium atau <i>virtual laboratory</i>).
4	Memberikan beberapa aplikasi teknologi tentang konsep fisika kuantum (melalui gambar, grafik, piktorial, atau melalui <i>webpage/webblog</i>).
5	Memberikan dukungan kerja kolaboratif dan interaksi sesama peserta didik dan dengan guru/dosen.

Dalam model pembelajaran SiMaYang, diagram sub-mikro dilibatkan sebagai alat pembelajaran topik-topik yang bersifat abstrak (misalnya stoikiometri dan struktur atom), selanjutnya dikembangkan perangkat pembelajaran yang dilengkapi dengan pertanyaan-pertanyaan baik pada level makro, sub-mikro, maupun simbolik untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berlatih merepresentasikan tiga level fenomena sains sepanjang sesi pembelajaran yang berfokus kepada permasalahan sains level molekuler. Oleh sebab itu, multipel representasi yang digunakan dalam model pembelajaran SiMaYang ini adalah representasi-representasi dari fenomena (khususnya sains) baik dari skala riil maupun abstrak (Contoh; Park, 2006; Wang, 2007; & Davidowitz, *et al.*, 2010).

Hubungan antara tujuh konsep dasar kemampuan peserta didik dalam membangun representasi dengan komponen guru (TR dan TC) dan domain (konten) untuk mempertimbangkan model pembelajaran berbasis multipel representasi, sebagaimana digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perpaduan antara model teoritis 7 faktor (Schönborn dan Anderson, 2009) dan kerangka model pembelajaran IF-SO (Waldrip, 2010).

Berdasarkan Gambar 3.1. tersebut, model pembelajaran berbasis multipel representasi yang akan dikembangkan didesain sedemikian rupa dengan langkah-langkah pembelajaran yang disusun dengan memperhatikan tiga faktor utama (Waldrip, 2010 dan Abdurrahman, 2010), yaitu aspek konseptual (guru/dosen dan peserta didik), penalaran (peserta didik), dan representasi (baik guru/dosen maupun peserta didik), selanjutnya dihubungkan dengan 7 (tujuh) konsep dasar kemampuan peserta didik (Schönborn dan Anderson, 2009). Dengan mempertimbangkan model teoritis tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal, model kerangka IF-SO dapat disempurnakan dengan menghasilkan model pembelajaran yang menginterkoneksi ketiga level fenomena sains.

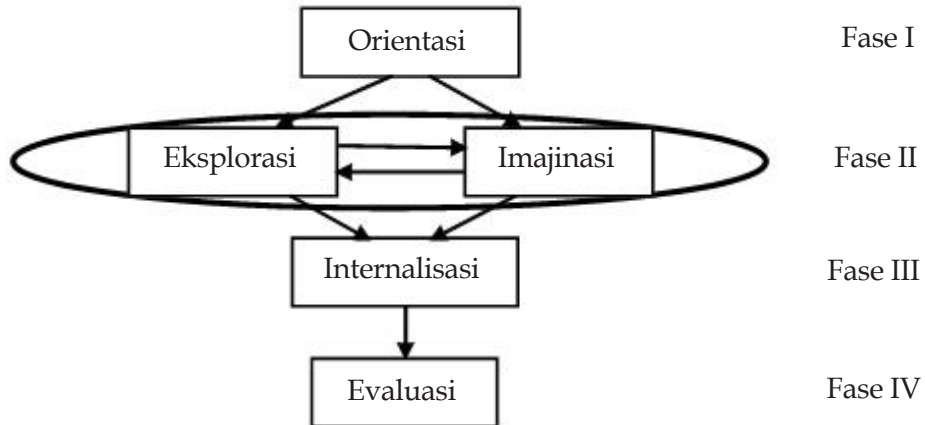
Dengan mempertimbangkan faktor interaksi R - C dan C - M, maka dalam model pembelajaran diperlukan tahapan kegiatan eksplorasi, sedangkan pertimbangan terhadap interaksi R

- M dan C - R - M diperlukan tahapan kegiatan imajinasi. Kegiatan eksplorasi lebih ditekankan pada konseptualisasi masalah-masalah sains yang sedang dihadapi berdasarkan kegiatan diskusi, eksperimen laboratorium/demonstrasi, dan pelacakan informasi melalui jaringan internet (*webblog* atau *webpage*). Imajinasi diperlukan untuk melakukan pembayangan mental terhadap representasi eksternal level sub-mikroskopik, sehingga dapat mentransformasikannya ke level makroskopik atau simbolik atau sebaliknya. Sebagaimana dikatakan oleh Thomas & Seely (2011): *".....imagination is more of a preamble to a problem. Imagination allows us to ask the question "What if?" It allows us to image different problems to solve them."* Pernyataan ini dapat diartikan bahwa imajinasi lebih dari awal suatu pemecahan masalah. Dengan imajinasi memungkinkan kita untuk mengajukan pertanyaan "bagaimana jika?" Hal ini memungkinkan kita untuk membayangkan masalah-masalah secara berbeda untuk memecahkannya. Selanjutnya dikatakan juga bahwa *"imagination is the process of world building to create a new context in which the strange, the new, the different can be understood as familiar."* Maksudnya bahwa imajinasi merupakan proses membangun dunia untuk menciptakan konteks baru dimana yang aneh, baru, yang berbeda dapat dipahami sebagai sesuatu yang mudah dikenal (akrab). Di samping itu, penelitian yang dilakukan oleh Haruo, *et al.* (2009) menunjukkan bahwa *"...the teaching with emphasis on the imagination can evoke the representation capabilities of learners, so that learners can improve their creativity. The power of imagination will evoke passion to improve the skills and conceptual knowledge of the learners."*

Pembelajaran yang menekankan pada proses imajinasi dapat membangkitkan kemampuan representasi peserta didik, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kreativitas peserta didik. Kekuatan imajinasi akan membangkitkan gairah untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan konseptual peserta didik. Oleh sebab itu, imajinasi representasi digabungkan dengan kegiatan eksplorasi menjadi fase eksplorasi - imajinasi. Kedua kegiatan (eksplorasi dan imajinasi) tersebut merupakan satu kesatuan dalam proses pembelajaran, sehingga kedua kegiatan tersebut digambarkan dengan anak panah bolak-balik. Selanjutnya, dari hasil kegiatan eksplorasi dan imajinasi perlu diinternalisasikan dalam pembelajaran melalui presentasi, tugas, dan latihan sebagai perwujudan hasil eksplorasi dan imajinasi. Tahap terakhir adalah tahap evaluasi sebagai tahap untuk mendapatkan umpan balik selama proses pembelajaran. Sebelum kegiatan eksplorasi dan imajinasi imajinasi, guru/dosen perlu melakukan orientasi kemampuan awal peserta didik sebagai dasar untuk melakukan tahap eksplorasi dan imajinasi.

Berdasarkan hal tersebut, model pembelajaran berbasis multipel representasi yang dikembangkan ini terdiri dari 4 tahapan, yaitu orientasi, eksplorasi - imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Keempat fase dalam model pembelajaran yang dikembangkan ini memiliki ciri dengan berakhiran "si" sebanyak lima "si". Fase-fase tersebut tidak selalu berurutan bergantung pada konsep yang dipelajari oleh peserta didik, terutama pada fase dua (eksplorasi - imajinasi). Misalnya pada pembelajaran sains untuk topik stoikiometri dapat diajarkan dengan urutan fase: orientasi, eksplorasi - imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Namun, untuk topik struktur atom, maka urutan fasenya dapat diubah menjadi orientasi, imajinasi - eksplorasi, internalisasi, dan

evaluasi. Oleh sebab itu, fase-fase model pembelajaran yang dikembangkan ini disusun dalam bentuk layang-layang dan selanjutnya dinamakan Si-5 layang-layang atau disingkat SiMaYang:



Gambar 3.2 Fase-Fase Model Pembelajaran Si-5 Layang-Layang (SiMaYang) Hasil Revisi (Sunnyono, 2014).

Berdasarkan uraian di atas dapat dikatakan bahwa model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran sains yang mencoba menginterkoneksi ketiga level fenomena sains, sehingga topik-topik pembelajaran yang sesuai dengan model ini menurut penulis adalah topik-topik sains yang lebih bersifat abstrak yang mengandung level sub-mikro, makro, dan simbolik.

Contoh pada materi sains: interkoneksi dari level makro, sub-mikro, dan simbolik pada topik Hukum Lavoisier untuk reaksi gas C_3H_8 dan gas O_2 yang menghasilkan produk CO_2 dan H_2O dapat dijelaskan sebagai berikut:

(Fenomena makro dan simbolik):

Fokus yang diamati	Reaktan	→	Produk
	$C_3H_8(g) + 5O_2(g)$	→	$3CO_2(g) + 4H_2O(g)$
Molekul	1 molekul C_3H_8 + 5 molekul O_2	→	3 molekul CO_2 + 4 molekul H_2O

Transformasi ke sub-mikroskopis dengan gambar visual:

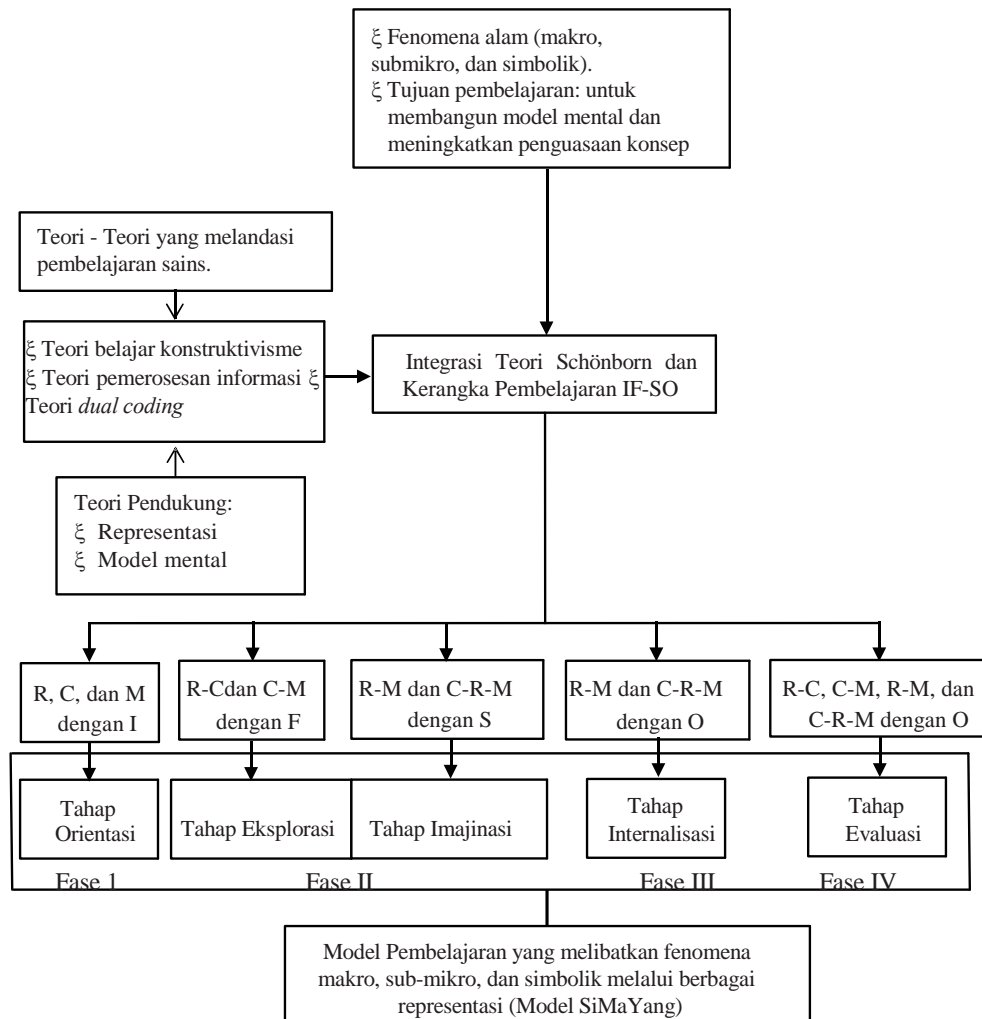


Selanjutnya dilakukan transformasi matematik (makro) dan simbolik:

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

Sumber: Silberberg (2007)

Alur pengembangan model pembelajaran SiMaYang ini diilustrasikan ke dalam diagram pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Alur Pengembangan Model Pembelajaran SiMaYang Hasil Integrasi Teori 7 Konsep Dasar Kemampuan siswa dengan Kerangka Pembelajaran IF - SO (Sumber: Sunyono, 2014)

3.2 KARAKTERISTIK MODEL PEMBELAJARAN SIMAYANG

Karakteristik model pembelajaran berbasis multipel representasi yang dikembangkan dan diberi nama model SiMaYang dirumuskan berdasarkan hasil kajian teori dan analisis yang dilakukan pada tahap pendahuluan dan pengembangan. Model pembelajaran SiMaYang disusun dengan mengacu pada ciri suatu model pembelajaran menurut Arends, R. (1997; 7) yang menyebutkan setidaknya-tidaknya ada 4 ciri khusus dari model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran, yaitu:

1. Rasional teoritik yang logis yang disusun oleh perancangannya.
2. Landasan pemikiran tentang tujuan pembelajaran yang hendak dicapai dan bagaimana peserta didik belajar untuk mencapai tujuan tersebut.
3. Aktivitas guru/dosen dan peserta didik (siswa/mahasiswa) yang diperlukan agar model tersebut terlaksana dengan efektif.
4. Lingkungan belajar yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran

Model pembelajaran SiMaYang dikembangkan berdasarkan teori-teori belajar konstruktivisme, belajar penemuan dari Brunner, teori pemrosesan informasi, dan tujuh konsep dasar tentang kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal sub-mikroskopis. Keempat teori belajar tersebut menjadi bahan pertimbangan dalam menyusun langkah-langkah pada fase orientasi, eksplorasi, imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Teori belajar konstruktivisme dan pemrosesan informasi digunakan dalam fase orientasi dan eksplorasi-imajinasi, dimana dalam tahap-tahap tersebut guru/dosen mengajak peserta didik untuk aktif melakukan orientasi pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik yang dikaitkan dengan keadaan sehari-hari atau industri, kemudian peserta didik diarahkan untuk melakukan eksplorasi dan imajinasi dalam memperluas dan memperdalam pengetahuannya melalui penjelasan dan pemberian visualisasi dari guru/dosen, membaca buku teks dan/atau menelusuri informasi melalui *web*, dan diskusi kelompok. Pada tahap ini peserta didik belajar tidak saja secara verbal tetapi juga visual. Teori belajar penemuan dari Brunner dan konsep dasar tentang 7 faktor kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan representasi eksternal dari Schönborn digunakan dalam fase imajinasi dan internalisasi melalui kegiatan imajinasi baik individu maupun kelompok dalam membangun model mental peserta didik yang kemudian dikomunikasikan melalui presentasi. Dasar teori belajar yang melandasi pengembangan model pembelajaran SiMaYang dikaji secara detil pada Bab II buku ini.

Model pembelajaran SiMaYang dikembangkan dengan tujuan menumbuhkan model mental peserta didik. Dengan tumbuhnya model mental peserta didik diharapkan peserta didik akan lebih mudah dalam memahami fenomena sains pada level makro, sub-mikro, dan simbolik. Dengan demikian, penguasaan konsep sains peserta didik akan dapat ditingkatkan.

Karakteristik ketiga dan keempat tertuang di dalam ciri-ciri dan komponen-komponen yang terkandung di dalam model pembelajaran SiMaYang. Model pembelajaran SiMaYang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Model pembelajaran SiMaYang hanya cocok untuk topik-topik sains yang bersifat abstrak yang di dalamnya mengandung level makro, sub-mikro, dan simbolik.
2. Ada keanekaragaman visual (gambar, diagram, grafik, animasi, dan analogi) yang dapat merangsang peserta didik dalam menggunakan kemampuan berpikirnya dalam membuat interkoneksi di antara level-level fenomena sains.
3. Peserta didik memiliki peran yang aktif dalam menelusuri informasi (pengetahuan konseptual), menemukan sifat-sifat, pola, rumus-rumus, simbol-simbol, dan penyelesaian masalah, melalui proses mengamati dan membayangkan dengan imajinasinya.
4. Memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan potensi kognitifnya dalam membangun model mental terutama melalui kegiatan eksplorasi pengetahuan dan imajinasi representasi.
5. Menekankan aktivitas peserta didik dalam belajar baik secara kelompok maupun individu.
6. Guru/dosen juga berperan sebagai mediator, dalam hal ini guru/dosen memediasi kegiatan diskusi kelompok yang dilakukan peserta didik, sehingga ada *sharing* pengetahuan diantara peserta didik sendiri dengan fasilitasi dari guru/dosen.
7. Ada bimbingan dan bantuan dari guru/dosen kepada peserta didik yang mengalami kesulitan, baik dalam belajar secara kelompok maupun ketika latihan secara individu.
6. Peserta didik diberi kesempatan untuk mengkomunikasikan dan mengartikulasikan hasil kerjanya (belajarnya) kepada teman dan guru/dosen melalui kegiatan presentasi.

3.3 KOMPONEN-KOMPONEN MODEL PEMBELAJARAN SIMAYANG

Berdasarkan syarat sebuah model pembelajaran bahwa model pembelajaran yang baik harus memiliki 5 (lima) unsur utama/komponen (Joice & Weil, 1992; 14 - 16), yaitu sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak instruksional dan dampak pengiring, maka dalam model pembelajaran SiMaYang kelima komponen tersebut telah dimiliki. Kelima komponen model dalam model pembelajaran SiMaYang adalah

3.3.1 Sintaks

Sebagaimana telah dikemukakan di atas, bahwa model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran sains berbasis multipel representasi yang mencoba membuat interkoneksi diantara ketiga level fenomena sains. Sintaks pembelajaran disusun dengan 4 (empat) fase pembelajaran, yaitu orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi.

Dengan demikian, sintaks dari model pembelajaran SiMaYang tersebut memiliki aktivitas guru/dosen dan peserta didik sebagaimana Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Fase (Tahapan) Pembelajaran Model SiMaYang (Sunyono, 2014)

Tahapan (Fase)	Aktivitas Dosen dan Mahasiswa
Fase I: Orientasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyampaikan tujuan pembelajaran. 2. Memberikan motivasi dengan berbagai fenomena sains yang terkait dengan pengalaman peserta didik.
Fase II: Eksplorasi - Imajinasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengenalkan konsep materi dengan memberikan beberapa abstraksi yang berbeda mengenai fenomena sains 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 sains yang sedang dihadapi secara kolaboratif (berdiskusi). 3. Mendorong dan memfasilitasi diskusi peserta didik untuk mengembangkan pemikiran kritis dan kreatif dalam membuat interkoneksi diantara level-level fenomena sains dengan menuangkannya ke dalam lembar kegiatan peserta didik. Misalnya: diberikan gambar sub-mikro tentang reaksi, peserta didik dapat menyimpulkan peristiwa yang terjadi dan peserta didik dapat membuat gambar sub-mikro tentang fenomena tersebut bila diberikan informasi verbal tentang fenomena yang lain yang serupa.
Fase III: Internalisasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membimbing dan memfasilitasi peserta didik dalam mengartikulasikan/ mengkomunikasikan 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 (LK) yang berisi pertanyaan dan/atau perintah untuk membuat interkoneksi ketiga level fenomena sains dan/atau berisi teka-teki silang belajar sains (TTSBS).
Fase IV: Evaluasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan revidi terhadap hasil kerja peserta didik. 2. Memberikan tugas - tugas untuk berlatih menginterkoneksi ketiga level fenomena sains. 3. Melakukan evaluasi diagnostik, formatif, dan sumatif.

Model pembelajaran SiMaYang tersebut hanya berlaku untuk pembelajaran di perguruan tinggi. Oleh sebab itu, agar pembelajaran sains di tingkat sekolah, baik di sekolah dasar maupun di sekolah menengah, model pembelajaran ini perlu disesuaikan. Mengingat karakteristik siswa di sekolah dasar dan menengah sangat berbeda dengan karakteristik mahasiswa. Di samping itu, dengan lahirnya kurikulum baru dengan paradigma pembelajaran dengan pendekatan saintifik, maka model pembelajaran SiMaYang di atas juga perlu disesuaikan.

Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik memiliki ciri tersendiri, yaitu pembelajaran dengan melibatkan lima pengalaman belajar pokok (5M) yaitu: mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi / mengolah informasi, dan mengkomunikasikan. Pada pembelajaran SiMaYang, sejak fase orientasi sampai fase evaluasi perlu dinyatakan secara eksplisit terjadinya kegiatan menanya (tanya-jawab). Pada fase eksplorasi-imajinasi secara eksplisit perlu dikembangkan kegiatan mengamati (mengamati demonstrasi, mengamati animasi, mengamati gambar visual, dan sebagainya), dan juga kegiatan mengumpulkan informasi dalam rangka menggali informasi melalui *webpage/weblog* dan mengolah informasi melalui kegiatan menalar dalam berlatih melakukan imajinasi representasi terhadap fenomena sub-mikroskopis dalam kelompok diskusi. Kegiatan mengolah informasi dan mengkomunikasikan telah muncul pada fase internalisasi, yaitu pada saat siswa melakukan imajinasi dalam kegiatan individu dan pada fase ini juga siswa melakukan kegiatan presentasi (menyajikan dan saling mengomentari). Pada fase terakhir (evaluasi), perlu dimunculkan kegiatan mengkomunikasikan, yaitu pada kegiatan reuvi hasil kerja mahasiswa yang dapat berupa kegiatan menyimpulkan dan pemberian tugas agar mahasiswa berlatih sendiri di rumah.

Berkaitan dengan hal tersebut, model pembelajaran SiMaYang dan pendekatan saintifik dapat dipadukan dengan melakukan perubahan sintaks, yaitu memasukkan pendekatan saintifik ke dalam sintaks pembelajaran SiMaYang. Hasil perbaikan model SiMayang ini selanjutnya dinamakan model Saintifik - SiMaYang atau SiMaYang Tipe-2 (Sunyono dan Yulianti, 2014). Sintaks pembelajaran SiMaYang Tipe-2 diuraikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Fase (Tahapan) Pembelajaran Model SiMaYang Tipe-2 (Saintifik - SiMaYang)

Fase	Aktivitas Guru	Aktivitas siswa
Fase I: Orientasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyampaikan tujuan pembelajaran. 2. Memberikan motivasi dengan berbagai fenomena yang terkait dengan pengalaman siswa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyimak penyampaian tujuan sambil memberikan tanggapan 2. Menjawab pertanyaan dan menanggapi
Fase II: Eksplorasi - Imajinasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengenalkan konsep dengan memberikan beberapa abstraksi yang berbeda mengenai fenomena alam (demonstrasi dan juga visualisasi atau simulasi atau animasi, dan atau analogi) dengan melibatkan siswa. 2. Mendorong, membimbing, dan memfasilitasi diskusi siswa untuk membangun model mental dan membuat interkoneksi diantara level-level fenomena alam dan / atau membuat transformasi dari level fenomena yang satu ke level lain yang dituangkan ke dalam lembar kegiatan siswa (LKS). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyimak (Mengamati) dan tanya jawab dengan guru tentang fenomena yang diperkenalkan (Menanya). 2. Melakukan penelusuran informasi melalui <i>webpage / weblog</i> dan/ atau buku teks (Menggali informasi). 3. Bekerja dalam kelompok untuk melakukan imajinasi terhadap fenomena alam melalui LKS 4. Berdiskusi dengan teman dalam kelompok dalam melakukan latihan imajinasi representasi (Menalar// mengasosiasi).

Tabel 3.3. Fase (Tahapan) Pembelajaran Model SiMaYang Tipe-2 (Saintifik - SiMaYang) (Lanjutan)

Fase	Aktivitas Guru	Aktivitas siswa
Fase III: Internalisasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membimbing dan memfasilitasi siswa dalam mengartikulasikan/mengkomunikasikan hasil pemikirannya melalui presentasi hasil kerja kelompok. 2. Memberikan latihan atau tugas dalam mengartikulasikan imajinasinya. Latihan individu tertuang dalam lembar kegiatan siswa yang berisi pertanyaan dan/atau perintah untuk membuat interkoneksi ketiga level fenomena alam (makro, mikro/sub-mikro, dan simbolik). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perwakilan kelompok melakukan presentasi terhadap hasil kerja kelompok (Mengomunikasikan). 3. Memberikan tanggapan/ pertanyaan terhadap kelompok yang sedang presentasi (Menanya dan Menjawab). 4. Melakukan latihan individu melalui LKS individu (Menggali informasi dan mengasosiasi).
Fase IV: Evaluasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengevaluasi kemajuan belajar siswa dan mereviu hasil kerja siswa. 2. Memberikan tugas latihan interkoneksi. tiga level fenomena alam (makro, mikro dan simbolik) 	Menyimak hasil revidi dari guru dan menyampaikan hasil kerjanya (mengomunikasikan), serta bertanya tentang pembelajaran yang akan datang.

(Sumber: Sunyono dan Yulianti, 2014)

3.3.2 Sistem Sosial

Berdasarkan sintaks yang telah disusun di atas, sistem sosial yang menyatakan peran peserta didik dan guru/dosen dalam model SiMaYang ini dapat dilihat dari hubungan antara guru/dosen dan peserta didik yang disarankan, antara lain:

- a. Peserta didik berperan aktif belajar dengan menelusuri informasi untuk mengeksplor pengetahuan dan menemukan konsep, sifat, pola, rumus, simbol, dan pemecahan masalah, melalui proses mengamati dan membayangkan dengan imajinasinya.
- b. Peserta didik melakukan interaksi sosial melalui diskusi atau curah pendapat dengan sesama peserta didik dan guru/dosen.
- c. Guru/dosen berperan sebagai fasilitator, konsultan, moderator, dan mediator dalam pembelajaran. Sebagai fasilitator, guru/dosen harus menyediakan sumber-sumber belajar termasuk media visual yang diperlukan oleh peserta didik. Sebagai konsultan, guru/dosen menjadi tempat untuk bertanya bagi peserta didik pada saat peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami fenomena sains yang dihadapi. Sebagai moderator, guru/dosen harus memimpin jalannya diskusi, baik diskusi dalam kelompok kecil maupun diskusi panel (kelas), sehingga diskusi dapat berjalan lancar dan kondusif. Sebagai mediator, guru/dosen harus memberikan sejumlah kegiatan yang dapat merangsang keingintahuan peserta didik dan mendorong mereka untuk mengekspresikan gagasan-gagasannya serta mengkomunikasikannya secara ilmiah. Disamping itu, guru/dosen harus memonitor,

mengevaluasi, dan menunjukkan tingkat perkembangan kognitif peserta didik, baik model mentalnya maupun tingkat penguasaan materinya.

- d. Guru/dosen juga berperan sebagai pembimbing. Guru/dosen harus memberikan bantuan dan bimbingan kepada peserta didik yang memerlukan, baik secara kelompok maupun individu. Dalam proses pemberian bimbingan/bantuan, sebaiknya guru/dosen tidak langsung memberikan jawaban/respon atas pertanyaan/komentar dari peserta didik, melainkan memberi pertanyaan-pertanyaan yang menggiring peserta didik untuk menemukan sendiri jawabannya atau menemukan kebenarannya sendiri. Dalam memberikan bimbingan, guru/dosen hendaknya memanfaatkan media visual yang ada (gambar, diagram, grafik, animasi, atau melalui *webpage/webblog*) dan berupaya agar peserta didik lebih aktif dalam membangun model mentalnya dengan menggunakan kekuatan imajinasi yang ada pada peserta didik itu sendiri.

3.3.3 Prinsip Reaksi

Prinsip reaksi ini berkaitan dengan bagaimana guru/dosen memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, termasuk guru/dosen memberikan respon terhadap pertanyaan, jawaban, tanggapan, atau apa yang dilakukan peserta didik. Dalam model pembelajaran SiMaYang, cara guru/dosen memperhatikan dan memperlakukan peserta didik yang disarankan adalah:

- a. Guru/dosen selalu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya, berkomentar atau menanggapi penjelasan guru/dosen atau penjelasan teman yang sedang presentasi.
- b. Guru/dosen selalu memberikan motivasi dan bimbingan kepada peserta didik agar tetap berusaha menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan dalam mentransformasi level-level fenomena sains untuk membangun model mentalnya.
- c. Guru/dosen memberikan apresiasi dan menerima pemikiran atau representasi peserta didik apa adanya, sambil menunjukkan dengan santun, apakah pemikiran atau representasi peserta didik itu sesuai atau tidak dengan konsep-konsep sains yang benar.
- d. Guru/dosen memberikan dukungan yang kuat kepada peserta didik yang memiliki rasa ingin tahu yang tinggi dan selalu berusaha untuk memperdalam dan memperluas pengetahuannya dengan menyediakan berbagai sumber informasi (buku teks dan situs-situs yang membahas sains fisika, sains, atau biologi).

3.3.4 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 SiMaYang ini adalah

- a. Buku teks (diupayakan edisi terbaru)
- b. Rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP)

- c. Lembar kegiatan peserta didik (LKPD)
- d. Media 2 dimensi atau 3 dimensi (statis atau dinamis) berupa gambar sub-mikro, diagram, grafik, model molekuler, animasi, atau simulasi.
- e. Alamat situs (*webpage/ weblog*) yang terkait dengan pembelajaran topik yang akan dibahas.
- f. Perangkat (instrumen) evaluasi, baik instrumen untuk mengukur model mental peserta didik maupun instrumen untuk mengukur penguasaan konsep peserta didik.

3.3.5 Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring

Salah satu ukuran dari model pembelajaran dikatakan baik, apabila dalam penerapannya menghasilkan apa yang hendak dicapai sebagai dampak dari program pembelajaran. Secara garis besar, dampak dari proses pelaksanaan pembelajaran tersebut terbagi atas dua bagian, yaitu 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 pelaksanaan pembelajaran sebagai akibat terciptanya suasana belajar yang dialami langsung oleh peserta didik tanpa pengarahan dari guru/dosen. Oleh sebab itu, dalam setiap penerapan model pembelajaran SiMaYang diharapkan akan menghasilkan dampak instruksional dan dampak pengiring tersebut.

Dampak instruksional yang dihasilkan oleh model pembelajaran SiMaYang antara lain:

- a. Peserta didik mampu menemukan konsep, prinsip, sifat, pola (mode representasi), rumus, simbol, dan pemecahan masalah sains.
- b. Peserta didik mampu menggunakan daya imajinasinya untuk membangun model mental.
- c. Peserta didik mampu menguasai materi yang dipelajari, sehingga penguasaan konsepnya meningkat.

Dampak pengiring yang diharapkan dihasilkan dari penerapan model pembelajaran SiMaYang adalah

- a. Peserta didik dapat berkomunikasi dengan baik dan santun.
- b. Peserta didik dapat bekerjasama dengan temannya dalam kelompok dengan saling menghargai pendapat sesama peserta didik.
- c. Peserta didik memiliki sikap mandiri dan bertanggungjawab, terutama dalam menyelesaikan tugas-tugas individu.
- d. Peserta didik memiliki sikap senang dan memiliki minat yang tinggi terhadap pembelajaran sains, ulet, dan tidak mudah putus asa dalam menyelesaikan masalah-masalah sains.

3.4 UKURAN KUALITAS MODEL PEMBELAJARAN SIMAYANG

Menurut Nieveen (1999), model pembelajaran yang berkualitas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Validitas: validitas model pembelajaran dapat dilihat dari tingkat validitas isi menurut ahli dan juga harus memenuhi validitas konstruk. Validitas isi oleh para ahli mencerminkan rasional teoritik, sedangkan validitas konstruk, mengukur apakah semua komponen dalam model secara konsisten saling berkaitan?. Hasil validasi oleh 5 (lima) orang ahli menunjukkan bahwa model pembelajaran SiMaYang layak digunakan (Sunyono, 2014; Sunyono dan Yulianti, 2014).
2. Kepraktisan: Kepraktisan suatu model pembelajaran merupakan salah satu kriteria kualitas model yang ditinjau dari hasil penilaian pengamat berdasarkan pengamatannya selama pelaksanaan pembelajaran berlangsung. Suatu model pembelajaran dikatakan memiliki kepraktisan yang tinggi, bila pengamat berdasarkan pengamatannya menyatakan bahwa tingkat keterlaksanaan penerapan model dalam pelaksanaan pembelajaran di kelas termasuk ke dalam kategori tinggi. Keterlaksanaan model dalam pelaksanaan pembelajaran dapat ditinjau dari keterlaksanaan sintak, keterlaksanaan sistem sosial, dan keterlaksanaan prinsip reaksi pengelolaan dengan sistem pendukung yang tersedia. Hasil kajian empiris menunjukkan bahwa model pembelajaran SiMaYang (termasuk SiMaYang Tipe 2) memiliki kepraktisan yang tinggi (Sunyono, 2014; Fauziyah, 2015; dan Afdila, 2015).
3. Keefektivan: Keefektivan model pembelajaran sangat terkait dengan pencapaian tujuan pembelajaran. 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. Indikator keefektivan meliputi:
 - a. Pencapaian tujuan pembelajaran dan ketuntasan belajar peserta didik.
 - b. Pencapaian aktivitas peserta didik dan guru/dosen.
 - c. Pencapaian kemampuan dosen dalam mengelola pembelajaran.
 - d. Peserta didik memberi respon positif dan minat yang tinggi terhadap pembelajaran yang dilaksanakan.

Hasil kajian empiris menunjukkan bahwa model pembelajaran SiMaYang (termasuk SiMaYang Tipe-2) memiliki tingkat keefektivan yang tinggi dalam pelaksanaan pembelajaran di kelas (Sunyono, 2014; Fauziyah, 2015; dan Afdila, 2015).

Ada perbedaan antara minat dan komitmen. Saat Anda tertarik melakukan sesuatu, Anda mengerjakannya hanya jika situasi mengizinkan. Tetapi saat Anda berkomitmen melakukan sesuatu, Anda tidak menerima alasan untuk bermalas-malasan, hanya "hasil" tujuan Anda. (Anonim, 2012).

BAB IV

PEDOMAN PELAKSANAAN PEMBELAJARAN DENGAN MENGUNAKAN MODEL SiMaYang

Berdasarkan sintaks pembelajaran model SiMaYang sebagaimana telah diuraikan pada Bab III, maka untuk menerapkan model SiMaYang dalam pembelajaran di kelas, harus terlebih dahulu melakukan persiapan pembelajaran dengan menyusun perangkat pembelajaran untuk mendukung pelaksanaannya. Persiapan pembelajaran perlu direncanakan dengan baik agar pembelajaran dengan model SiMaYang dapat berjalan dengan lancar dan kondusif. Persiapan pembelajaran yang dimaksud meliputi: penyusunan perangkat pembelajaran (Rencana Pembelajaran dan Lembar Kegiatan Peserta Didik atau LKPD), media pendukung, dan instrumen evaluasi. Namun, sebelum melakukan penyusunan perangkat, media, dan instrumen evaluasi, terlebih dahulu perlu diperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan bagaimana melaksanakan pembelajaran dengan model pembelajaran SiMaYang, yaitu mengenai: perencanaan, petunjuk pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang, pengelolaan kelas dan lingkungan belajar, serta pelaksanaan evaluasi/penilaian.

4.1 PERENCANAAN

Perencanaan dalam melaksanakan pembelajaran dengan model SiMaYang meliputi antara lain:

4.1.1 Perencanaan Tujuan Pembelajaran

Sebelum menyusun perangkat pembelajaran (RPP dan LKPD) hendaknya tujuan pembelajaran harus dirumuskan terlebih dahulu. Penetapan tujuan pembelajaran merupakan bagian terpenting dalam setiap pelaksanaan pembelajaran, termasuk pada model pembelajaran SiMaYang. Dalam kurikulum tentu telah dirumuskan Standar Kompetensi Lulusan, Standar Kompetensi, dan Kompetensi Dasar. Berdasarkan standar kompetensi dan kompetensi dasar tersebut dapat dikembangkan indikator pembelajaran dan tujuan pembelajaran. Indikator mencakup tujuan

yang hendak dicapai untuk setiap kali pertemuan dalam setiap mata pelajaran, indikator harus disusun sedemikian rupa agar kompetensi dasar dapat tercapai. Tujuan pembelajaran harus dirumuskan untuk setiap kali pertemuan dan dapat dirumuskan/ditetapkan dengan mengacu pada indikator yang telah ditetapkan. Dalam menyusun tujuan pembelajaran harus didasarkan pada kaidah penulisan tujuan, yaitu setiap tujuan pembelajaran harus mengandung unsur-unsur abcd (dimana a= *audience*, b= *behavior*, c=*condition*, dan d=*degree*). Lihat contoh di bagian belakang buku ini.

4.1.2 Perencanaan aktivitas peserta didik yang Sesuai

Pembelajaran yang dilaksanakan dengan menggunakan model SiMaYang diharapkan akan mampu melatih peserta didik dalam menginterkoneksi ketiga level fenomena sains, sehingga peserta didik dapat memperoleh pengetahuan sains secara utuh. Dengan menggunakan model SiMaYang dalam pembelajaran, peserta didik dilatih untuk melakukan imajinasi dengan menggunakan potensi kognitifnya dalam membangun model mental, sehingga peserta didik dapat lebih mudah dalam memahami konsep-konsep sains, khususnya konsep yang bersifat abstrak. Untuk mencapai maksud tersebut, sangat dibutuhkan aktivitas peserta didik yang sesuai dalam setiap pembelajaran. Dalam hal ini, guru/dosen perlu merancang berbagai aktivitas peserta didik yang sesuai yang memungkinkan peserta didik dapat berlatih menggunakan kekuatan imajinasinya dalam melakukan transformasi dari level fenomena sains yang satu ke level fenomena sains yang lain. Aktivitas yang perlu dirancang dalam pembelajaran dengan model SiMaYang antara lain: mendengarkan, mengamati, tanya jawab, mengumpulkan informasi, membayangkan lalu menggambar atau membuat interpretasi, diskusi, presentasi dan melakukan transformasi (Sunyono, 2012 dan 2014).

4.1.3 Perencanaan Perangkat Pembelajaran dan Media Pendukung

Sebagaimana telah dikemukakan di atas bahwa persiapan pembelajaran yang penting untuk dilakukan adalah menyusun perangkat pembelajaran, yang meliputi: rencana pembelajaran (RP), Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD), dan instrumen evaluasi. Selain perangkat tersebut, dalam pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang diperlukan bahan ajar berupa buku teks yang sesuai, yaitu buku teks yang dilengkapi dengan ilustrasi gambar sub-mikro tentang fenomena sains. Perangkat pembelajaran tersebut bersifat saling mendukung dan melengkapi. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) merupakan operasionalisasi dari sintaks dalam model pembelajaran SiMaYang. LKPD merupakan tuntunan bagi peserta didik dalam melakukan imajinasi dan berlatih membuat transformasi terhadap fenomena representasi sains yang satu ke fenomena representasi sains yang lain. Oleh sebab itu, LKPD memuat masalah-masalah yang berfungsi untuk melatih peserta didik membangun model mental dan memperluas serta memperkuat pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran yang sedang dipelajari. Sunyono (2014) menyatakan bahwa masalah-masalah pada LKPD tersebut berupa pertanyaan-

pertanyaan berbentuk uraian yang menuntut peserta didik untuk melakukan proses mental dengan cara:

- a. Mengubah representasi visual ke dalam representasi verbal atau sebaliknya. Misalnya tentang persamaan-persamaan matematik, persamaan kimia, konsep model atom, konsep probabilitas, energi, fungsi gelombang, sistem peredaran darah, sistem pencernaan, dan sebagainya.
- b. Merepresentasikan terjadinya reaksi, susunan elektron dalam orbital dari suatu atom, bentuk-bentuk orbital, dan sebagainya dengan menggambarkan representasi tersebut ke dalam representasi eksternal, baik makro, simbolik, maupun (sub)mikro.

Di samping guru/dosen harus menyiapkan perangkat pembelajaran sebagaimana yang diuraikan di atas, guru/dosen juga harus menyiapkan media pendukung yang sesuai dengan topik yang akan dibahas. Dalam hal ini, guru/dosen dapat menggunakan model-model berupa alat peraga, model 2-D atau 3-D (statis atau dinamis) seperti, model molekuler (molimod), gambar/diagram sub-mikro, grafik, animasi, simulasi, dan lain-lain atau menggunakan model yang diakses dari internet (*webpage/webblog*). Model-model yang digunakan harus dapat membantu peserta didik dalam melakukan eksplorasi dan imajinasi, sehingga peserta didik mudah dalam membangun model mentalnya dan memahami konsep-konsep yang sedang dipelajari.

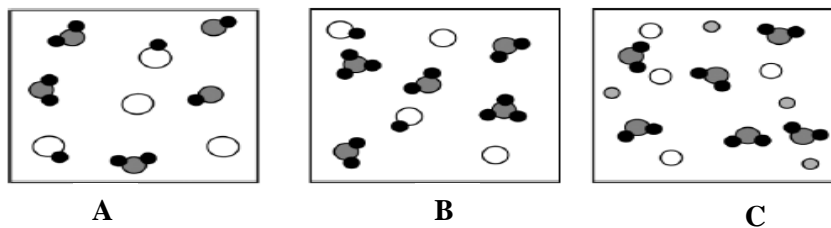
4.2 PETUNJUK PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

Guru/dosen dalam melaksanakan pembelajaran dengan model SiMaYang harus benar-benar dapat mengembangkan keterampilan representasionalnya, sehingga dapat melakukan pembelajaran dengan menginterkoneksi ketiga level fenomena sains. Oleh sebab itu, sebelum model SiMaYang ini diterapkan dalam pembelajaran di kelas, guru/dosen perlu berlatih melakukan interkoneksi diantara ketiga level fenomena sains, melalui latihan imajinasi untuk melakukan interpretasi dan mentransformasi fenomena sains dari level yang satu ke level yang lain. Guru/dosen perlu berlatih membuat gambar-gambar sub-mikro yang menggambarkan fenomena sains level molekuler untuk menjelaskan proses sains yang sebenarnya terjadi. Di samping itu, guru/dosen juga berlatih melakukan interpretasi terhadap representasi eksternal (berupa gambar/diagram sub-mikro, grafik, animasi, simulasi, atau analogi) yang telah dibuat atau yang ada pada buku teks atau yang ada pada media yang digunakan. Latihan-latihan transformasi, menggambar gambar sub-mikro, dan interpretasi terhadap representasi eksternal, sangat diperlukan agar pembelajaran dengan model SiMaYang dapat berjalan dengan lancar dan meminimalisir miskonsepsi yang mungkin saja terjadi.

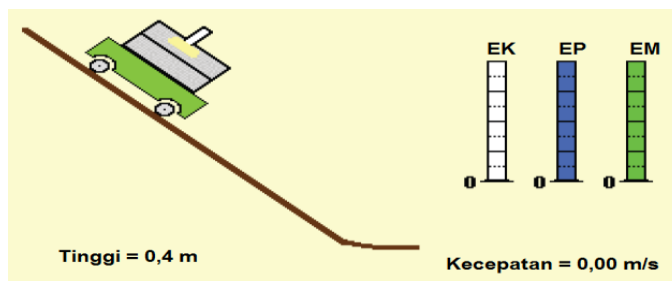
Di samping berlatih dalam membuat interkoneksi ketiga level fenomena sains, guru/dosen juga perlu melatih dirinya dalam menerapkan model pembelajaran SiMaYang di kelas yang meliputi: penerapan sintaks, penerapan sistem sosial, penerapan prinsip reaksi, dan pemberian bimbingan kepada peserta didik yang memerlukan (Sunyono, 2014; Sunyono dan Yulianti, 2014)

Contoh latihan interkoneksi diantara level fenomena sains (pada materi sains) dari level sub-mikroskopis ke simbolik dan makroskopis:

Contoh 1. Gambar di bawah, merupakan gambar dari fenomena melokuler dari tiga larutan elektrolit yang berbeda. Dalam hal ini H_2O adalah molekul air, dan H adalah atom hidrogen. Coba tentukan gambar yang manakah yang menunjukkan larutan asam, larutan basa, dan larutan garam? Berikan penjelasan Anda ! (Petunjuk: asam, basa, dan garam dalam larutannya akan terionisasi)



Conto 2. Pembelajaran IPA Fisika tentang konsep Usaha dan Energi.



Gambar 4.1. Tampilan Multipel Representasi (representasi visual melalui animasi gerak benda dan ilustrasi perubahan energi) dan representasi verbal melalui perhitungan (matematis dan grafis) perubahan energi kinetik (EK), energi potensial (EP), dan energi mekanik (EM) (Suhandi & Wibowo, 2012).

4.2.1 Penerapan Sintaks Model SiMaYang

Dalam menerapkan model pembelajaran SiMaYang, setiap tahap pada sintaks harus dioperasionalkan di dalam Rencana Pembelajaran (RP). Di dalam rencana pembelajaran memuat topik yang dibahas, Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, Indikator, Tujuan Pembelajaran, Model dan Metode Pembelajaran yang digunakan, serta skenario pembelajaran. Skenario pembelajaran merupakan operasionalisasi dari sintaks suatu model pembelajaran (Joyce & Weil, 1992). Oleh sebab itu, skenario pembelajaran pada rencana pembelajaran model SiMaYang untuk topik yang bersifat abstrak dengan beberapa contoh konkret, misalnya topik Stoikiometri, pada pembelajaran sains harus mencakup keempat fase (tahap) pembelajaran dengan urutan: orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi. Namun, untuk topik yang bersifat abstrak, misalnya pada materi sains topik Struktur Atom atau Ikatan Kimia, maka urutan fase dalam RP adalah orientasi, imajinasi - eksplorasi, internalisasi, dan evaluasi.

a. Tahap orientasi

Pada tahap orientasi, aktivitas guru/dosen yang harus dilakukan adalah menyampaikan tujuan pembelajaran dan memberikan motivasi dengan memberikan gambaran tentang fenomena sains yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, sehingga peserta didik dapat lebih termotivasi dalam mempelajari sains (Sunyono, 2012 dan 2014). Pemberian motivasi ini dapat dilakukan melalui reviu materi pembelajaran minggu sebelumnya dan/atau pemberian pertanyaan-pertanyaan untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik yang berhubungan dengan topik yang akan dibahas dan merupakan peristiwa-peristiwa yang dijumpai dalam kehidupan manusia. Misalnya ketika guru/dosen akan membelajarkan kimia Topik Stoikiometri, guru/dosen terlebih dahulu menyampaikan tujuan pembelajaran. Selanjutnya, guru/dosen tersebut memberikan pertanyaan yang diawali dengan informasi pendahuluan sebagai berikut:

“Saat kita membeli apel atau beras, kita selalu mengatakan kepada penjual berapa kilogram yang akan kita beli. Begitu juga, ketika kita akan membeli bensin, kita akan mengatakan sekian liter. Untuk menyatakan jarak, kita menggunakan ukuran meter. Bagaimana dengan ukuran jumlah zat atau banyaknya materi yang terlibat dalam suatu reaksi kimia?”

Atau dapat pula dengan didahului pertanyaan, lalu diberikan informasi penting yang terkait dengan pertanyaan tersebut.

- Tahukah kalian dengan kantung udara untuk keselamatan pengemudi mobil?
- Bahan kimia apa saja yang umumnya dikandung dalam kantung udara tersebut?
- Apa yang terjadi ketika kantung udara itu mengembang? Hukum fisika apa yang berlaku?

Informasi: Desainer kantung udara menggunakan prinsip stoikiometri dan hukum gas untuk mengetahui berapa banyak gas generator yang dibutuhkan untuk menghasilkan gas yang cukup dalam kantung udara.

Dengan pertanyaan seperti ini diharapkan mampu merangsang peserta didik untuk menelusuri informasi tentang kantung udara dan hubungannya dengan materi yang sedang dibahas melalui buku teks, *webpage* dan/atau *webblog*. Dengan demikian, pada tahap orientasi ini hendaknya sudah muncul interaksi antara guru/dosen dengan peserta didik dan interaksi sesama peserta didik melalui tanya jawab yang difasilitasi oleh guru/dosen.

b. Tahap eksplorasi - imajinasi

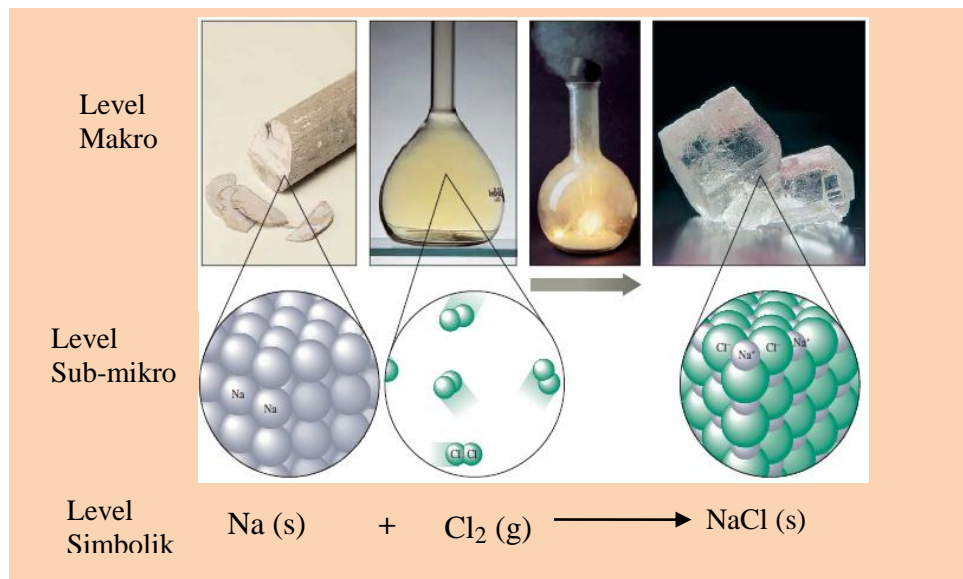
Tahap eksplorasi - imajinasi adalah tahap pembelajaran yang dirancang oleh guru/dosen yang memungkinkan peserta didik membangun pengetahuan melalui peningkatan pemahaman terhadap suatu fenomena dengan cara menelusuri informasi melalui berbagai sumber, selanjutnya guru/dosen menciptakan aktivitas peserta didik dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif berdasarkan pengetahuan yang telah diperoleh dengan melakukan imajinasi representasi (Sunyono, 2012 dan 2014).

Pada tahap ini, pembelajaran lebih ditekankan pada konseptualisasi masalah-masalah sains yang sedang dihadapi berdasarkan kegiatan diskusi, eksperimen laboratorium/ demonstrasi, dan pelacakan informasi melalui buku teks atau internet (*webblog* atau *webpage*). Strategi yang digunakan untuk memperluas dan memperdalam pengetahuan dengan menerapkan strategi belajar aktif (Sunyono, 2014). Oleh sebab itu, pada tahap eksplorasi konseptual, aktivitas guru/dosen yang harus dilakukan adalah mengenalkan konsep yang akan dibahas secara verbal dengan bantuan media visual (gambar sub-mikro atau animasi) atau demonstrasi.

Pengenalan konsep ini lebih dititik beratkan pada pengenalan awal konsep dengan menunjukkan tiga level fenomena sains (makro, sub-mikro, dan simbolik) atau dua level fenomena (sub-mikro dan simbolik) melalui gambar sub-mikro atau diagram atau grafik atau animasi. Pengenalan konsep ini bukan berarti guru/dosen memberikan penjelasan secara detail terhadap topik yang akan dibahas, namun merupakan pengantar pendahuluan yang dapat menciptakan rasa ingin tahu peserta didik dalam menelusuri informasi melalui berbagai sumber. Selama guru/dosen memberikan pengenalan konsep, peserta didik diberikan kesempatan untuk mengajukan pertanyaan/komentar/tanggapan terhadap apa yang disampaikan guru/dosen. Setelah guru/dosen memberikan pengenalan konsep awal tentang fenomena sains yang akan dihadapi oleh peserta didik, guru/dosen memberi kesempatan kepada peserta didik untuk memperdalam dan memperluas informasi yang telah diberikan melalui buku teks atau *website/webblog*. Penelusuran informasi pada tahap ini dilakukan oleh peserta didik secara berkelompok. Pengelompokan peserta didik dilakukan pada tahap awal pembelajaran (tahap orientasi), atau ditetapkan pada pertemuan awal pembelajaran.

Pada tahap ini, selain peserta didik memperoleh informasi dari guru/dosen dan memperoleh pengetahuan dari penelusuran informasi, peserta didik juga diberi kesempatan untuk melakukan pembayangan mental (imajinasi) terhadap representasi yang sedang dihadapi, sehingga dapat mentransformasikan fenomena representasi tersebut dari level yang satu ke level yang lain. Dengan demikian, kemampuan berpikir kritis dan kreatif dapat dilihat dari bagaimana peserta didik melakukan interpretasi dan transformasi terhadap representasi fenomena sains yang sedang dihadapi. Kemampuan berpikir kritis dapat dicapai ketika peserta didik dapat melakukan interpretasi terhadap representasi yang dihadapi dengan membuat suatu kesimpulan, komentar, atau melakukan perhitungan matematis, sedangkan kemampuan berpikir kreatif, ketika peserta didik dapat melakukan transformasi representasi dari level sub-mikro ke level makro dan simbolik atau sebaliknya. Sebagai contoh: diberikan gambar sub-mikro tentang fenomena sains (reaksi kimia atau Bergeraknya elektron pada orbital tertentu), peserta didik dapat menyimpulkan peristiwa kimia yang terjadi dan peserta didik dapat membuat gambar sub-mikro tentang fenomena sains bila diberikan informasi verbal tentang fenomena sains yang lain yang serupa. Pada tahap inilah, model mental peserta didik dapat dibangun melalui kegiatan yang imajinatif dan kreatif (Sunyono, *et al.*, 2015b).

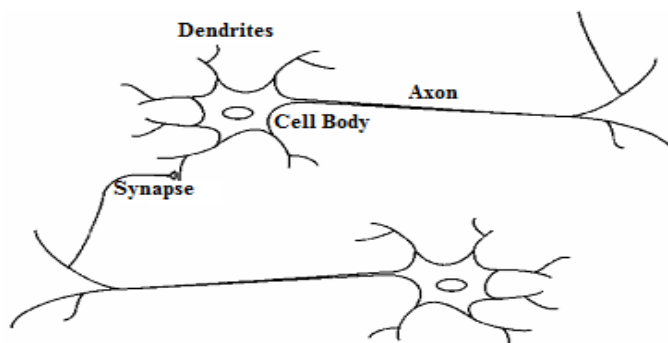
Contoh tiga level fenomena sains (kimia) yang saling berkaitan:



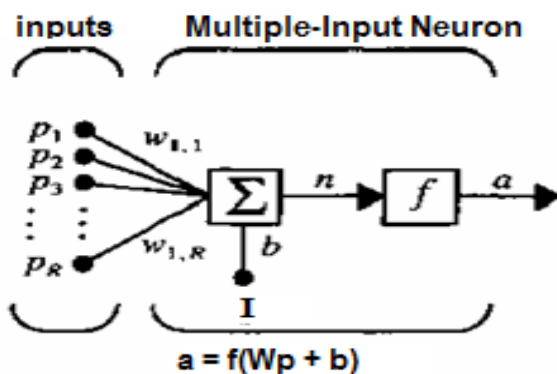
Gambar 4.2 Contoh 3 Level Fenomena Kimia (Sumber: Silberberg, 2007)

Pada pengenalan konsep seperti ini, guru/dosen memberikan penjelasan tentang interkoneksi level-level fenomena sains tersebut. Misalnya, bentuk padatan (seperti logam Na dan garam NaCl) digambarkan dengan bola-bola bulat yang rapat, ini menunjukkan bahwa atom dalam molekul padat saling terikat kuat dan rapat, sehingga tidak memungkinkan adanya gerakan translasi diantara atom yang satu dengan atom yang lain. Zat berbentuk gas (seperti gas Cl₂), molekul-molekulnya sangat renggang, sehingga bergerak bebas dan acak, sebagaimana digambarkan dengan bola-bola bulat yang jaraknya cukup jauh satu sama lain.

Contoh lain: Pada pembelajaran IPA Biologi tentang sistem syaraf, guru dapat menggunakan jaringan syaraf tiruan yang dioperasikan dengan program komputer. Jaringan Syaraf Tiruan merupakan salah satu representasi buatan manusia hasil dari imajinasi otak manusia. Jaringan syaraf tiruan dibuat dengan tujuan agar dapat mensimulasikan apa yang dipejalari melalui proses pembelajaran Jaringan Syaraf.



Gambar ini adalah representasi jaringan syaraf yang sesungguhnya. Selanjutnya karena tidak mungkin mempelajari kerja jaringan syaraf hanya melalui gambar tersebut, maka guru/dosen hendaknya melakukan inovasi dengan membuat sistem jaringan syaraf tiruan yang sistem kerjanya dikendalikan oleh komputer.

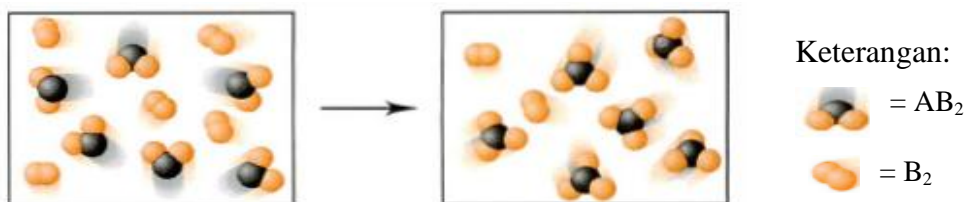


Gambar 4.3 Sistem kerja jaringan syaraf tiruan (Haykin & Lippmann, 1994).

Kegiatan imajinasi terjadi ketika peserta didik menginterpretasikan fenomena yang dihadapi melalui kerja kelompok dan dalam hal ini guru/dosen memberikan bimbingan dan bantuan terhadap kelompok yang mengalami kesulitan, agar diskusi kelompok berjalan sesuai yang diharapkan. Diskusi dilakukan dengan tujuan agar peserta didik dapat saling membantu dalam melakukan interpretasi dan transformasi terhadap fenomena eksternal yang dihadapi. Pada kegiatan diskusi, peserta didik dapat bersama-sama melakukan imajinasi (pembayangan mental), kemudian hasilnya dihubungkan dengan konsep, hukum, dan prinsip-prinsip yang berlaku. Selanjutnya dituangkan ke dalam LKPD.

Contoh 1.:

Peserta didik dihadapkan pada fenomena representasi eksternal tentang reaksi kimia melalui gambar sub-mikro berikut:

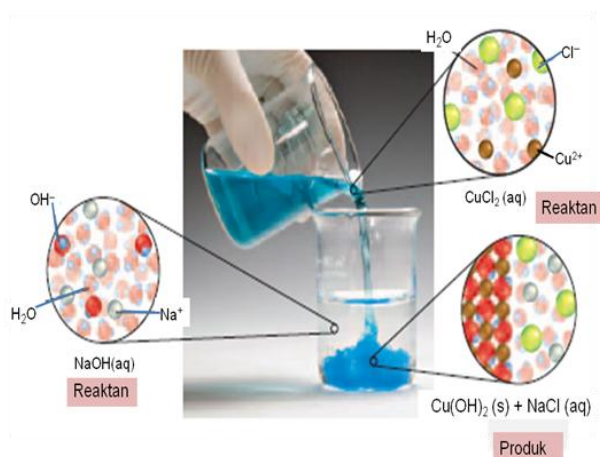


Terhadap representasi sub-mikro tersebut, peserta didik dapat menggunakan kemampuan berpikir kritisnya untuk menentukan reaktan pembatas, produk yang terbentuk, dan melakukan perhitungan matematik tentang jumlah produk yang terbentuk jika jumlah mol reaktan diketahui.

Selanjutnya, dengan kemampuan berpikir kreatif, peserta didik dapat menyusun persamaan reaksi yang setara dengan menggunakan prinsip-prinsip atau hukum-hukum dasar kimia.



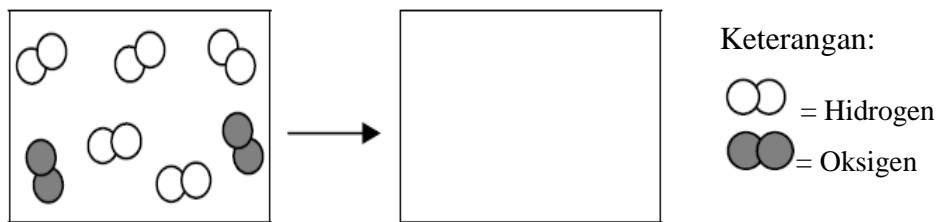
Gambar 4.4. Kegiatan eksplorasi melalui demonstrasi (demonstrasi tentang hukum kekekalan Massa).
(Fotografer: Sunyono)



Gambar 4.5. Transformasi level makro, sub-mikro, dan simbolik, tentang hukum kekekalan massa.
(Fotografer: Sunyono)

Contoh 2.

Setelah peserta didik mampu menjawab permasalahan yang ada pada contoh 1, kemudian peserta didik diberikan permasalahan lain untuk melakukan transformasi dari level makro ke sub-mikro. Dalam hal ini, dengan menggunakan kemampuan berpikir kreatif, diharapkan peserta didik mampu membuat gambar sub-mikro dari produk yang terbentuk. Misalnya, diberikan representasi sub-mikro berikut:



Terhadap fenomena representasi tersebut, peserta didik akan dapat menggunakan keterampilan berpikir kritisnya untuk menentukan berapa mol masing-masing reaktan pada awal reaksi, sehingga peserta didik dapat menentukan produk apa yang terbentuk dan berapa mol jumlahnya. Dengan demikian, melalui kemampuan berpikir kreatif, peserta didik dapat menuliskan persamaan reaksi setara dan membuat gambar sub-mikro yang benar tentang molekul apa saja yang seharusnya ada pada kotak kosong yang disediakan. Dalam menyelesaikan masalah tersebut, peserta didik menggunakan prinsip-prinsip dan hukum-hukum dasar sains yang telah diperoleh sebelumnya.

Jadi, kemampuan peserta didik memberikan interpretasi dan transformasi terhadap permasalahan sains seperti di atas adalah gambaran tentang karakteristik model mental peserta didik.

Catatan:

Sebagaimana telah diungkapkan pada Bab III, bahwa ciri dari model pembelajaran SiMaYang adalah fase eksplorasi - imajinasi yang dapat saja dipertukarkan urutannya bergantung dari karakteristik materi pembelajaran yang dibahas. Pada uraian di atas, dimana kegiatan eksplorasi dilakukan terlebih dahulu baru kemudian kegiatan imajinasi merupakan pembelajaran untuk materi yang memiliki karakteristik abstrak dengan contoh konkret, yaitu materi pembelajaran sains yang banyak mengandung konsep hitungan matematis dan konsep dengan contoh yang dapat didemonstrasikan atau dieksperimentasikan, misalnya pada materi stoikiometri.

Untuk materi-materi yang bersifat abstrak, seperti materi struktur atom dan ikatan kimia, maka urutannya dapat dibalik. Pada materi pembelajaran yang seperti ini, kegiatan imajinasi dilakukan terlebih dahulu baru kemudian tahap eksplorasi (Sunyono, 2014). Dimana, pada kegiatan imajinasi, guru/dosen memberikan berbagai abstraksi dengan fenomena sub-mikroskopis (visualisasi melalui gambar, diagram, grafik, animasi, atau analogi), selanjutnya peserta didik secara kelompok melakukan imajinasi (pembayangan mental) terhadap fenomena representasi eksternal yang diberikan guru/dosen, kemudian melakukan diskusi untuk membuat interpretasi dan transformasi terhadap fenomena eksternal yang sedang dihadapi. Hasil interpretasi dan transformasi tersebut selanjutnya dihubungkan dengan prinsip-prinsip atau hukum-hukum atau konsep-konsep yang akan diperoleh melalui kegiatan eksplorasi.

Pada kegiatan eksplorasi, guru/dosen tidak memperkenalkan konsep pendahuluan, karena konsep pendahuluan diharapkan diperoleh peserta didik melalui pemberian abstraksi oleh guru/dosen dan imajinasi oleh peserta didik melalui diskusi. Peserta didik langsung melakukan penelusuran informasi pengetahuan melalui beberapa sumber belajar (buku teks dan *webpage/webblog*) untuk memperoleh kebenaran konseptual tentang fenomena yang dihadapi, sehingga hasil imajinasi dan diskusi dapat dicocokkan dengan prinsip, hukum, atau konsep yang berlaku. Selanjutnya, hasil diskusi imajinatif dan eksplorasi, dituangkan ke dalam LKPD.

Contoh pembelajaran dengan kegiatan imajinasi lebih dahulu kemudian dilanjutkan kegiatan eksplorasi:

Guru/dosen memberikan beberapa abstraksi (verbal dan visual dengan gambar sub-mikro atau animasi), misalnya: abstraksi verbal: “atom berbentuk bola bulat dan masif, dimana di dalamnya terdapat inti yang sangat kecil dan elektron-elektron yang bergerak mengelilingi inti pada orbitnya masing-masing. Jumlah elektron dan muatan inti selalu sama untuk atom netral”. Kemudian meminta peserta didik untuk membayangkan atom tersebut, dan meminta peserta didik berdiskusi dengan kelompoknya dalam membuat gambar satu atom apa saja yang dikenal peserta didik (misalnya atom hidrogen, natrium, litium, dan sebagainya). Untuk abstraksi visual, dosen dapat memberikan gambar sub-mikro atau animasi atau grafik/ diagram tentang fenomena atom.



Gambar 4.6 Suasana diskusi kelompok dalam melakukan imajinasi dan penelusuran informasi
(Fotografer: Sunyono)

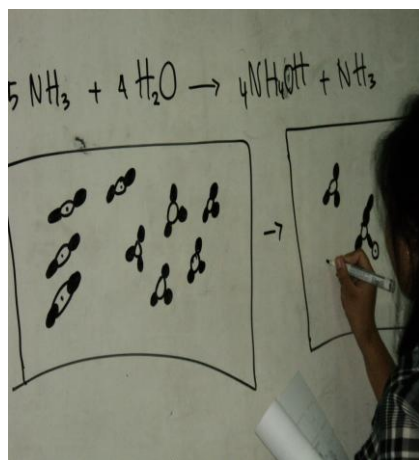
Untuk memperoleh kebenaran konseptual tentang berbagai abstraksi yang diberikan oleh guru/dosen dan mengecek hasil imajinasi (interpretasi dan transformasi), peserta didik diminta melakukan penelusuran informasi pengetahuan melalui beberapa sumber belajar (buku teks dan/atau *webpage/weblog*). Selanjutnya peserta didik diminta mengerjakan LKPD secara kelompok melalui diskusi.

c. Tahap internalisasi

Tahap internalisasi merupakan proses pemasukan nilai pada seseorang yang akan membentuk pola pikirnya dalam melihat makna realitas pengalaman (objek yang telah dipelajari) (Kartono, 2000). Dengan kata lain, tahap ini merupakan perwujudan dari hasil eksplorasi dan imajinasi, sehingga pada tahap ini diharapkan akan tertanam nilai, prinsip, konsep, dan hukum pada peserta didik dengan baik (Grusec & Goodnow, 1994). Internalisasi nilai, prinsip, hukum, dan konsep dilakukan melalui kegiatan presentasi hasil kerja kelompok (diskusi) dan tugas/latihan untuk dikerjakan secara individu oleh peserta didik.

Aktivitas guru/dosen yang harus dilakukan pada tahap internalisasi ini adalah

1. Memediasi jalannya diskusi kelas, memberikan kesempatan pada peserta didik dari kelompok lain untuk bertanya, memberikan komentar atau tanggapan terhadap hasil kerja kelompok yang sedang presentasi, serta mereviu jawaban / komentar/ tanggapan dari peserta didik.
2. Memberikan latihan/tugas individu kepada peserta didik dalam bentuk LKPD.
3. Membimbing dan memberi bantuan kepada peserta didik yang mengalami kesulitan dalam menyelesaikan LKPD. Pemberian bantuan ini, guru/dosen hanya memberikan arahan dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan atau komentar “pancingan” yang mengarahkan peserta didik untuk menemukan jawabannya sendiri.



(a)



(b)

Gambar 4.7 Suasana tahap internalisasi pada kegiatan presentasi. (a) Salah satu juru bicara kelompok sedang menjelaskan hasil kerja kelompoknya dalam membuat transformasi makro-simbolik-sub-mikro (Fotografer: Sunyono); (b) perdebatan pebelajar dalam menuangkan hasil imajinasinya (Fotografer: Fauziyah).

d. Tahap evaluasi

Tahap evaluasi merupakan tahap akhir dari pembelajaran dengan model SiMaYang, yaitu tahap untuk mendapatkan umpan balik dari keseluruhan atau beberapa pertemuan pembelajaran di kelas (Sunyono, 2012 dan 2014). Pada tahap ini dilakukan penilaian terhadap kemajuan belajar peserta didik, seperti: postes untuk setiap kali selesai pembelajaran (setiap pertemuan) sebagai acuan dalam memperbaiki pembelajaran berikutnya, pemberian tugas rumah, dan penilaian akhir pembelajaran (tes formatif dan sumatif). Oleh sebab itu, pada tahap ini, aktivitas yang dilakukan oleh seorang guru/dosen bersama-sama dengan peserta didik adalah

- a. Bersama-sama peserta didik melakukan reviu terhadap hasil penyelesaian LKPD individu.
- b. Memberikan postes untuk setiap pertemuan (jika memungkinkan), guna melihat kemajuan belajar peserta didik yang akan digunakan sebagai acuan dalam memperbaiki proses pembelajaran pada pertemuan berikutnya.
- c. Memberikan tugas rumah yang berisi pertanyaan atau tugas praktik dengan interkoneksi antar level fenomena sains, sehingga peserta didik dapat berlatih dan memperbaiki kekurangannya dalam melakukan interpretasi dan transformasi fenomena representasi sains.

4.4.2 Penerapan Sistem Sosial

Penerapan sistem sosial pada model pembelajaran SiMaYang difokuskan pada peran dan hubungan antara guru/dosen dengan peserta didik dan peserta didik dengan peserta didik lain serta norma-norma yang berlaku selama pelaksanaan pembelajaran (Joyce & Weil, 1992). Penerapan sistem sosial dalam model pembelajaran SiMaYang dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Interaksi antara peserta didik dengan peserta didik akan terjadi terutama pada saat kegiatan diskusi kelompok dan presentasi, tetapi dapat saja dikondisikan agar terjadi sejak awal pembelajaran. Hal ini terjadi karena guru/dosen lebih menitik beratkan pada keterlibatan peserta didik secara maksimal. Dengan demikian, interaksi antar peserta didik yang lebih leluasa diberikan pada waktu tahap eksplorasi - imajinasi dan internalisasi.
- b. Pada tahap eksplorasi - imajinasi, interaksi yang terjadi lebih dititik beratkan kepada interaksi antara peserta didik dengan guru/dosen dalam menggali pengetahuan melalui buku teks dan/atau *website/webblog*. Pada tahap ini peserta didik diberi kesempatan dan peluang untuk bertanya kepada guru/dosen bila menemui kesulitan dalam memahami isi buku teks atau isi dari *website/webblog*. Interaksi antar peserta didik pada tahap ini terjadi ketika guru/dosen memberikan kesempatan kepada peserta didik lain untuk memberikan jawaban atau komentar terhadap pertanyaan temannya.
- c. Pada tahap eksplorasi - imajinasi, peserta didik melakukan imajinasi atau pembayangan/intuisi terhadap fenomena representasi sains yang sedang dihadapi secara kolaboratif. Oleh sebab itu, interaksi antar peserta didik pada tahap ini dapat dilihat dari aktivitas ketika secara kolaboratif peserta didik saling mengemukakan hasil imajinasinya, saling mempertahankan ide/pendapat/ gagasannya, saling bertanya, saling membantu satu sama lain, dan

membuat kesepakatan-kesepakatan untuk menyelesaikan masalah yang sedang dihadapi bersama. Peran dari guru/dosen pada tahap ini hanyalah sebagai fasilitator, membimbing/mengarahkan, dan mengontrol jalannya diskusi kelompok.

- d. Pada tahap internalisasi, guru memegang peranan penting dalam mengatur jalannya kegiatan presentasi kelompok dan jalannya diskusi kelas agar terjadi situasi belajar yang kondusif. Pada tahap ini terjadi interaksi antar peserta didik, antar kelompok, dimana setiap peserta didik dalam kelompok mempertahankan ide atau pendapat atau gagasan kelompoknya. Jika diskusi kelas tidak berjalan sesuai harapan, guru/dosen harus memberikan pertanyaan atau komentar “pancingan” dengan tujuan untuk memberikan rangsangan bagi peserta didik agar mau bertanya atau memberikan komentar kepada kelompok penyaji. Demikian pula, jika pertanyaan atau komentar peserta didik dari kelompok lain tidak dapat dijawab atau ditanggapi oleh kelompok penyaji, guru/dosen harus juga memberikan arahan dalam bentuk komentar atau pertanyaan “pancingan” kepada kelompok penyaji. Pada tahap ini juga diberikan tugas berupa LKPD individu, sehingga pada langkah ini interaksi yang lebih menonjol adalah interaksi antara guru/dosen dengan peserta didik.



Gambar 4.8 Sistem sosial (interaksi antar peserta didik dalam diskusi kelas) (Fotografer: Sunyono)



Gambar 4.9 Sistem sosial (interaksi antar peserta didik dan peserta didik – guru/dosen)
(Fotografer: Fauziyah)

4.2.2 Penerapan Prinsip Reaksi

Sebagaimana telah diungkapkan bahwa prinsip reaksi pada dasarnya merupakan prinsip yang berkaitan dengan bagaimana guru/dosen memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, termasuk dalam memberikan respon terhadap pertanyaan, jawaban, tanggapan, atau apa yang dilakukan peserta didik (Joyce & Weil, 1992). Pada penerapannya di kelas, guru/dosen harus selalu memberikan bantuan kepada peserta didik agar mampu mengorganisasikan pengetahuan dan keterampilan dalam membangun model mental dan memperoleh pengetahuan sains (Sunyono, 2014; Sunyono dan Yulianti, 2014). Pada setiap tahap kegiatan pembelajaran, guru/dosen harus selalu mengamati, membimbing, mengarahkan, dan memberikan penguatan sesegera mungkin ketika ada peserta didik yang memberikan tanggapan atau komentar atau pertanyaan. Perlu menjadi perhatian bahwa pemberian bantuan, bimbingan, arahan, dan penguatan, guru/dosen harus adil terhadap peserta didik. Kontak mata yang diberikan guru/dosen pada peserta didik harus dapat memberikan motivasi kepada seluruh peserta didik. Perlakuan guru/dosen terhadap peserta didik yang mengajukan pertanyaan/tanggapan dan mengungkapkan idenya harus dalam bentuk respon yang bersifat mengarahkan, membimbing, memotivasi, dan membangkitkan rasa ingin tahu peserta didik untuk terus belajar dan menggali pengetahuan melalui berbagai sumber.

Prinsip reaksi dari guru/dosen hendaknya tidak hanya menyalahkan/membatasi dan mengesampingkan tanggapan atau pertanyaan yang dikemukakan oleh peserta didik. Namun, prinsip reaksi yang harus dilakukan adalah bagaimana cara yang dapat digunakan oleh guru/ dosen agar peserta didik dapat memecahkan masalah berdasarkan pengalamannya sendiri baik sebelum maupun selama proses pembelajaran berlangsung.

Jika terjadi kesalahan persepsi atau interpretasi atau kesalahan pemahaman, guru/dosen harus segera memberikan petunjuk dan menunjukkan kelemahannya serta memberikan arahan agar peserta didik dapat memperbaiki kesalahannya sendiri.



Gambar 4.10 Salah satu penerapan prinsip reaksi dari pengajar (guru/dosen) (Fotografer: Safitri)

4.3 LINGKUNGAN BELAJAR DAN PENGELOLAAN KELAS

Keberhasilan dalam penggunaan model pembelajaran SiMaYang ini ditentukan oleh kemampuan seorang guru/dosen dalam merencanakan kegiatan pembelajaran secara terstruktur, sistematis, dan tepat. Di samping itu, juga ditentukan oleh kesiapan lingkungan belajar dan perangkat pendukung pembelajaran termasuk media pembelajaran yang diperlukan untuk mendukung setiap aktivitas guru/dosen dan peserta didik dalam setiap pelaksanaan tahap-tahap dalam sintaks.

Dalam rangka menciptakan lingkungan belajar yang kondusif dan pengelolaan kelas, pertama-tama guru/dosen harus terlebih dahulu memeriksa kesiapan peserta didik dalam mengikuti pembelajaran. Ini dilakukan di awal pembelajaran. Guru/dosen mengawali aktivitas pembelajaran dengan melakukan orientasi untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik. Namun, sebelum melakukan orientasi, guru/dosen perlu memeriksa kesiapan kelasnya, misalnya kesiapan alat pembelajaran (seperti *LCD*) dan kebersihan papan tulis. Kesiapan peserta didik juga perlu diperiksa, apakah peserta didik secara mental dan fisik siap menerima pelajaran, misalnya: apakah para peserta didik sudah duduk di kursinya masing-masing, menyiapkan buku atau laptop, alat/media/peralatan belajar lain yang diperlukan dalam pembelajaran dengan model SiMaYang. Jika persiapan kelas dirasakan cukup, guru/dosen baru memulai mengawali kegiatan pembelajaran.

Di samping itu, dalam menjamin terciptanya lingkungan dan suasana belajar yang kondusif, guru/dosen harus memegang kendali pengelolaan kelas, seperti mengatur pengelompokan peserta didik, mengatur bagaimana peserta didik berbicara (berkomunikasi), mengatur penggunaan waktu untuk setiap tahap pembelajaran, dan mengatur keterlibatan aktif (partisipasi) peserta didik. Untuk mengatur hal-hal tersebut, model pembelajaran SiMaYang ini memiliki kaidah-kaidah yang perlu menjadi perhatian dalam penerapannya di kelas. Kaidah-kaidah tersebut diuraikan sebagai berikut:

4.3.1 Mengatur pengelompokan peserta didik

Untuk mencapai tujuan pembelajaran dengan model pembelajaran *SiMaYang* diperlukan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik berinteraksi dengan temannya. Dalam hal ini, posisi tempat duduk dan pengelompokan peserta didik perlu diatur sedemikian rupa.

Pengelompokan peserta didik pada model *SiMaYang* dilakukan berdasarkan jumlah peserta didik, dimana setiap kelompok maksimal beranggotakan 4 – 6 orang. Pengelompokan dilakukan secara acak dan heterogen dengan pemerataan peserta didik yang memiliki kemampuan awal tinggi ke seluruh kelompok. Selanjutnya bersama-sama peserta didik melakukan pemilihan anggota kelompok secara acak, dengan tetap memperhatikan keberagaman kelompok.

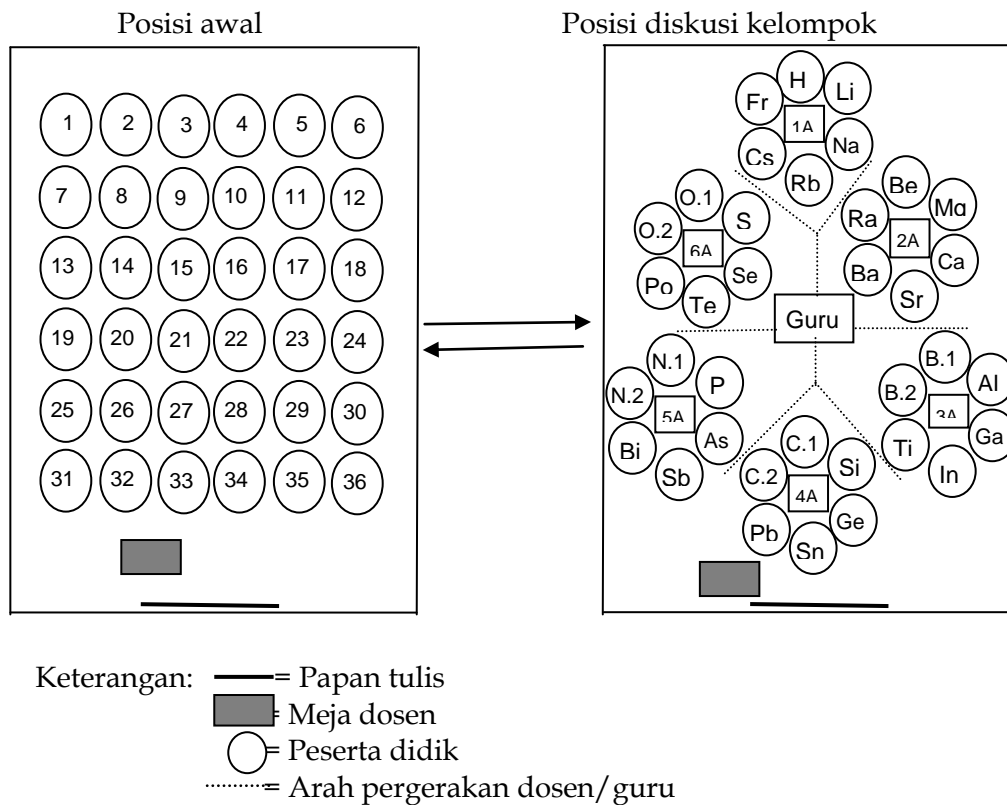
Untuk memudahkan dalam penyebutan kelompok dan anggota kelompok, maka setiap kelompok diberi nama menggunakan inisial. Misalnya dalam pembelajaran kimia dapat digunakan nama golongan dalam sistem periodik unsur, yaitu kelompok IA, IIA, IIIA, IVA, VA, dan VIA. Setiap anggota dalam kelompok diberi nama inisial sesuai dengan nama unsur pada golongan tersebut dan dilengkapi dengan identitas dari unsurnya yang diidentikkan dengan alamat rumah (nomor rumah sesuai dengan nomor massa dan RT sesuai dengan nomor atom). Nama kelompok dan nama inisial anggota dituliskan pada *name tag* dan dikalungkan di leher peserta didik agar mudah dilihat oleh guru/dosen atau pengamat (Sunyono, 2014). Contoh *name tag* peserta didik:



Gambar 4.11. Contoh Name Tag Siswa/Mahasiswa (Sunyono, 2014)

Posisi tempat duduk setiap kelompok diurutkan sesuai dengan urutan dalam sistem periodik dengan posisi melingkar, yaitu dihitung dari posisi belakang peserta didik dalam ruang

kelas. Pengelompokan dengan penamaan golongan IA sampai VIA ini dipertahankan hingga 3 sampai 4 kali pertemuan. Selanjutnya nama kelompok dipertukarkan dengan nama golongan lain dalam sistem periodik untuk 3 sampai 4 kali pertemuan berikutnya (Sunyono, 2014). Misalnya untuk 3 sampai 4 kali pertemuan berikutnya, nama kelompoknya menjadi VIIA, VIIIA, IB, IIB, IIIB, dan IVB, demikian seterusnya.



Gambar 4.11 Posisi Peserta didik di Kelas pada Model Pembelajaran SiMaYang (Sunyono, 2014)

4.3.2 Mengatur jalannya diskusi kelompok atau komunikasi peserta didik

Pada model pembelajaran SiMaYang, peserta didik bekerja secara kelompok pada tahap eksplorasi - imajinasi dipandu oleh guru/dosen, dalam hal ini guru/dosen terlebih dahulu menyampaikan informasi pendahuluan tentang materi yang akan dibahas dan memberikan permasalahan sains kepada peserta didik melalui tayangan *powerpoint* (pada tahap eksplorasi) yang dibantu dengan media animasi atau dengan melakukan demonstrasi. Kemudian peserta didik diminta melakukan penelusuran informasi yang lebih mendalam dan luas tentang fenomena sains yang disampaikan oleh guru/dosen. Penelusuran informasi dilakukan melalui buku teks yang telah disediakan dalam bentuk *soft copy* atau melalui *website/webblog*. Pada kegiatan ini peserta didik diminta untuk saling membantu, saling mengajukan ide / gagasan atau komentar atau tanggapan

terhadap fenomena yang dihadapi berdasarkan hasil penelusuran informasi. Jika terdapat hal-hal yang sulit dipahami oleh peserta didik, guru/dosen memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya dan guru/dosen harus segera memberikan respon atas pertanyaan peserta didik tersebut. Dalam hal ini, guru/dosen harus selalu mengontrol peserta didik agar diskusi kelompok dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Dalam hal ini, guru/dosen meminta peserta didik membuka LKPD kelompok dan menyelesaikannya bersama kelompoknya masing-masing. Selama diskusi dalam menyelesaikan LKPD, peserta didik diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan dan guru/dosen harus segera memberikan respon atas pertanyaan peserta didik tersebut. Bila terdapat kelompok yang kesulitan melakukan interpretasi, guru/dosen segera memberikan bantuan dan bimbingan.

Bila terdapat kelompok yang telah menyelesaikan tugasnya sebelum waktunya, maka guru/dosen segera memberikan pengayaan berupa permasalahan sains yang aktual. Namun, terhadap kelompok yang kemungkinan tidak dapat menyelesaikan tugasnya dalam waktu yang sudah ditentukan, guru/dosen segera memberikan bantuan atau arahan. Selanjutnya guru meminta masing-masing kelompok untuk mempresentasikan hasil kerjanya. Jika waktu tidak memungkinkan untuk semua kelompok, maka guru menunjuk sekurang-kurangnya 2 kelompok atau dengan cara mengundinya. Kelompok yang belum presentasi akan ditunjuk atau diundi pada pertemuan berikutnya. Presentasi setiap kelompok diberi waktu tidak lebih dari 10 menit. Kelompok lain yang tidak presentasi diminta untuk memberikan komentar/tanggapan atau pertanyaan kepada kelompok yang sedang menyajikan hasil kerja kelompoknya.

Komentar/tanggapan/pertanyaan dari peserta didik kelompok lain, harus diawali dengan menyebutkan nama kelompok dan nama inisial lengkap dengan identitasnya. Komentar atau tanggapan atau pertanyaan diberikan secara bergiliran untuk menghindari saling berebut untuk berbicara dan kelompok yang sedang presentasi harus menunjuk salah satu anggotanya untuk menjadi juru bicara, namun jika juru bicara tidak mampu memberikan jawaban/tanggapan atas pertanyaan peserta didik lain, anggota lainnya dapat memberikan bantuan dalam menjawab atau menanggapi pertanyaan atau komentar dari anggota kelompok lain. Penyampaian komentar/tanggapan/pertanyaan harus menggunakan bahasa yang santun dan tidak saling memojokkan satu sama lain.

4.3.3 Mengatur kegiatan individu

Kegiatan individu dilakukan pada tahap internalisasi dengan tujuan untuk melihat kemajuan belajar peserta didik setelah sekitar $\frac{3}{4}$ waktu pembelajaran berlangsung. Pada kegiatan ini, peserta didik diminta untuk duduk sesuai tempat duduknya masing-masing dan tidak harus berada dalam kelompoknya. Dalam kegiatan individu ini, peserta didik diminta untuk membuka LKPD individu untuk diselesaikan secara mandiri. Peserta didik tidak diperkenankan untuk berdiskusi atau saling memberi jawaban kepada temannya. Bila terdapat hal-hal yang sulit dipahami oleh peserta didik dalam melakukan interpretasi dan / atau transformasi antar level fenomena

sains, peserta didik diperbolehkan bertanya kepada guru/dosen. Respon/jawaban dari guru/dosen atas pertanyaan peserta didik diberikan secara klasikal, namun guru/dosen juga dapat melemparkan pertanyaan peserta didik tersebut kepada peserta didik lainnya. Dalam hal ini, guru/dosen harus mengatur tempo komunikasi antar peserta didik atau peserta didik - guru/dosen, sehingga tidak terjadi pemborosan waktu.

4.3.4 Mengatur partisipasi aktif peserta didik

Sebagaimana diungkapkan di atas bahwa dalam model pembelajaran SiMaYang aktivitas pembelajaran diatur sedemikian rupa, sehingga diharapkan tidak ada peserta didik yang pasif. Namun, bisa saja kemungkinan ditemukannya peserta didik yang pasif, baik selama kegiatan individu, kelompok, maupun pada saat kegiatan presentasi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengantisipasi munculnya peserta didik yang pasif adalah dengan memanfaatkan “zona aktif”. Zona aktif adalah suatu daerah di dalam kelas dimana terjadi kegiatan belajar yang aktif dari peserta didik dalam berpartisipasi pada pembelajaran. Bila terdapat suatu individu peserta didik yang pasif, guru/dosen dapat meminta peserta didik tersebut untuk menempati (pindah) ke zona aktif tersebut, atau jika tidak memungkinkan memindah peserta didik, guru/dosen yang harus mendatangi peserta didik tersebut untuk menciptakan “aktivitas pada peserta didik” melalui arahan, bimbingan, fasilitasi, dan penguatan atau fanishmen yang dapat membangkitkan motivasi belajar peserta didik (Sunyono, 2012 dan 2014).

4.4 PELAKSANAAN EVALUASI/PENILAIAN

Penilaian dalam pembelajaran dengan model SiMaYang ini tidak semata-mata diperoleh dari tes pada akhir pembelajaran beberapa materi pokok bahasan selesai disampaikan dan dibahas oleh peserta didik. Penilaian juga dilakukan pada setiap pelaksanaan pembelajaran, yaitu penilaian proses pembelajaran.

Untuk mengetahui kemampuan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran, maka dilakukan tes prestasi pada setiap akhir pokok bahasan. Tes prestasi dilakukan untuk mengetahui sejauhmana penguasaan konsep peserta didik setelah mengikuti pembelajaran pada pokok bahasan tersebut. Di samping tes prestasi, juga dilakukan tes model mental untuk mengetahui sejauhmana model mental peserta didik terhadap konsep sains yang telah dipelajari, model mental ini merupakan gambaran proses berpikir peserta didik menggunakan pola berpikir tingkat tinggi. Tes model mental merupakan tes dalam bentuk uraian (*essay*) yang memuat konsep-konsep sains, yang dilengkapi dengan gambar-gambar sub-mikro, grafik, diagram, dan lain-lain (Park, 2006; Wang, 2007; Sunyono, *et al.*, 2015b). Tes model mental ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan peserta didik dalam melakukan transformasi dan interpretasi terhadap representasi eksternal yang dihadapi tentang fenomena-fenomena sains (makro, sub-mikro, dan simbolik). Tes model mental diberikan sebanyak dua kali untuk setiap pokok bahasan dengan jumlah soal disesuaikan dengan indikator dan alokasi waktu yang disediakan untuk

setiap kali tes. Tes model mental diberikan pada setiap akhir pokok bahasan selesai dibahas. Penilaian hasil tes model mental menggunakan rubrik yang telah disediakan oleh guru/dosen.

Untuk membantu peserta didik dalam belajar digunakan LKPD. LKPD berisi konsep-konsep sains dengan interkoneksi diantara level-level fenomena sains. Untuk setiap pokok bahasan disediakan dua macam LKPD, yaitu LKPD untuk kelompok dan LKPD untuk aktivitas individu. Ciri khas LKPD pada model pembelajaran SiMaYang adalah menonjolkan interkoneksi diantara level makro ke sub-mikro dan simbolik atau sebaliknya. LKPD dalam pembelajaran dengan model SiMaYang ini disusun dengan tujuan untuk melatih peserta didik menggunakan imajinasinya dalam membangun model mental, sehingga dapat melakukan transformasi dari mode representasi sub-mikroskopis ke mode representasi makroskopis dan simbolik, atau sebaliknya (Sunyono, 2014).

Penilaian terhadap LKPD kelompok dilakukan melalui presentasi. Namun, karena presentasi hanya dilakukan oleh dua kelompok yang terpilih melalui undian, penilaian LKPD kelompok baik yang dipresentasikan maupun yang tidak, dilakukan setelah LKPD tersebut dikumpulkan, dan diberi komentar sebagai umpan balik bagi peserta didik. Hasil penilaian oleh guru/dosen ini harus segera dikembalikan kepada peserta didik pada minggu berikutnya. Dikembalikannya LKPD ini kepada peserta didik untuk memberikan umpan balik terhadap kemajuan belajar peserta didik, sehingga peserta didik akan mengetahui sendiri kemajuan belajarnya sesegera mungkin dan peserta didik mempunyai kesempatan untuk memperbaiki hasil belajarnya pada pertemuan berikutnya.

Di samping pemberian LKPD, pembelajaran dengan model SiMaYang juga menuntut guru/dosen untuk menyiapkan tugas rumah bagi peserta didik. Tugas yang diberikan dapat berbentuk soal-soal untuk melatih peserta didik dalam menginterkoneksi level-level fenomena sains, atau dapat berbentuk tugas melakukan kerja laboratorium (praktik) yang kemudian dikaitkan dengan proses-proses dalam skala molekuler (sub-mikroskopis). Tugas-tugas yang diberikan dosen/guru, selanjutnya dikoreksi dan dinilai. Tugas yang telah dinilai dikembalikan lagi ke peserta didik untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik memperbaiki kemajuan belajarnya.

Menjadi seorang guru adalah panggilan hati. Jadi bekerjalah untuk pendidikan dengan hati yang tulus, jiwa yang semangat, dan raga yang tak kenal lelah. Hati adalah cermin, dan cermin adalah refleksi dalam mengenali diri, siapa aku, apa kelebihanku, dan apa kekuranganku, aku adalah orang yang banyak kekurangan, hanya seujung kukulah kelebihanku. Bukan siapa dia, apa kekurangan dia...., hindari selalu menilai dia, tapi refleksikan diri dengan hati.

BAB V

KAJIAN EMPIRIS MODEL SiMaYang

Kajian empiris model pembelajaran SiMaYang dilakukan melalui suatu penelitian terhadap pembelajaran sains di LPTK negeri dan beberapa sekolah (terutama SMA) di Provinsi Lampung. Kajian empiris dilakukan selama lebih kurang 4 tahun, dimulai dengan uji coba pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika dan penelitian eksperimen (validasi model) pada semua mahasiswa Jurusan Pendidikan MIPA dengan sampel diambil sebanyak 3 kelas eksperimen dan 3 kelas kontrol yang dipilih secara acak. Selanjutnya kajian empiris di tingkat sekolah dilakukan di beberapa sekolah di Provinsi Lampung, Jakarta, Yogyakarta, Banten, Jawa Barat, Nusa Tenggara Barat, dan Kalimantan Timur. Kajian empiris dilakukan untuk melihat keterlaksanaan, kemenarikan, dan keefektifan pelaksanaan model pembelajaran SiMaYang. Keterlaksanaan ditinjau dari pelaksanaan rencana pembelajaran (RPP) yang telah disusun. Kemenarikan model SiMaYang diukur melalui angket respon peserta didik dan minat peserta didik setelah mengikuti pembelajaran dengan model SiMaYang. Keefektifan model pembelajaran SiMaYang ditinjau dari peningkatan model mental dan penguasaan konsep peserta didik serta dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

5.1 KAJIAN EMPIRIS TERHADAP KETERLAKSANAAN DAN KEMENARIKAN

Penilaian terhadap keterlaksanaan model pembelajaran diukur melalui keterlaksanaan RPP dan dilakukan oleh observer yang mengamati jalannya pembelajaran yang disesuaikan dengan RPP yang telah disusun. Hasil observasi baik pada saat uji coba terbatas maupun pada tahap pengujian model di berbagai provinsi tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan sintaks, sistem sosial, dan prinsip reaksi dalam pembelajaran dengan model SiMaYang memiliki tingkat keterlaksanaan yang tinggi (Sunyono, 2012 dan 2014; Afdila, 2015; Fauziyah, 2015; Hananto, 2015; Izzati, 2015; Safitri, 2015). Hasil ini menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan

model SiMaYang berlangsung sesuai dengan prinsip-prinsip model pembelajaran yang telah dikembangkan (Sunyono, 2012 dan 2014).

Penilaian terhadap kemenarikan model pembelajaran SiMaYang telah dilakukan mulai dari tahap uji coba terbatas sampai tahap pengujian model di beberapa provinsi. Kemenarikan pelaksanaan model pembelajaran SiMaYang ditinjau dari aktivitas peserta didik dalam mengikuti pembelajaran dengan model SiMaYang, tanggapan/respon peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran, dan minat belajar peserta didik setelah mengikuti pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang.

Hasil pengamatan terhadap aktivitas peserta didik selama pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan aktivitas yang cukup mencolok terutama pada aktivitas memperhatikan dan mendengarkan penjelasan guru/dosen/teman yang terus menurun sejak pertemuan I sampai pertemuan terakhir dari materi pokok yang dibelajarkan. Ini menunjukkan bahwa peserta didik lebih suka aktif mengeksplorasi sendiri melalui diskusi dengan teman atau membuka buku teks dan aktif melakukan imajinasi bersama kelompok. Demikian pula aktivitas yang dilakukan peserta didik yang tidak relevan dengan kegiatan pembelajaran, seperti memainkan hp, ngobrol atau membuka catatan lain terus menurun dengan cukup tajam sejak pertemuan awal sampai pertemuan terakhir dalam setiap pembelajaran materi pokok tertentu. Ini menunjukkan bahwa peserta didik semakin antusias dalam mengikuti pembelajaran dan melakukan kegiatan yang diminta oleh guru/dosen sesuai dengan RPP yang dirumuskan. Begitu pula aktivitas yang relevan terus mengalami peningkatan (Sunyono, 2012 dan 2014; Afdila, 2015; Fauziah, 2015). Berdasarkan analisis keterlaksanaan dan aktivitas peserta didik tersebut dapat diinferensikan bahwa kegiatan pembelajaran telah mengikuti RPP yang sesuai dengan sintaks dari model SiMaYang dan menghasilkan aktivitas pembelajar yang relevan (aktivitas yang diharapkan) dengan kategori sangat tinggi (>85%).

Berdasarkan hasil angket respon peserta didik, secara keseluruhan menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang berikut perangkat pembelajarannya pada kelas eksperimen mendapat respon positif dari sebagian besar peserta didik (>75%), ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang dengan perangkatnya pada kelas eksperimen memiliki tingkat kemenarikan yang tinggi (Sunyono, 2012 dan 2014; Hananto, 2015; Izzati, 2015; Safitri, 2015;). Salah satu komentar peserta didik selama kajian empiris adalah belajar dengan menggunakan imajinasi dalam menghubungkan media visual (submikroskopis) dengan fenomena makro adalah suatu hal baru diterima peserta didik, apalagi adanya demonstrasi dan penggunaan analogi yang menarik.

Di samping adanya respon positif dari observer, respon pengguna model (guru/dosen), dan respon peserta didik yang menerima dampak langsung dari pelaksanaan model SiMaYang, minat peserta didik dalam belajar setelah penerapan model pembelajaran SiMaYang juga menunjukkan peningkatan minat belajar yang tinggi.

5.2 KAJIAN EMPIRIS TERHADAP MODEL MENTAL PESERTA DIDIK

Pembelajaran sains dengan menggunakan model SiMaYang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik tentang stoikiometri melalui pembentukan model mental peserta didik. Kemunculan model mental peserta didik tergambar dari kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan ketiga level fenomena representasi sains (Johnstone, 1993), yang dapat dilihat dari jawaban-jawaban peserta didik dalam bentuk jawaban verbal, matematis/symbolis, dan gambar visual di tingkat molekuler (submikroskopis). Hasil kajian ini menunjukkan bahwa model mental peserta didik telah terbentuk dengan baik (Sunyono, *et al.* 2015b). Dalam hal ini, sebelum pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang pada kelas eksperimen, model mental peserta didik berada pada kategori “buruk sekali”, namun setelah pelaksanaan pembelajaran dengan model SiMaYang, model mental peserta didik meningkat menjadi berkategori sedang, baik, dan baik sekali (Sunyono, *et al.*, 2015b). Terbentuknya model mental peserta didik menunjukkan adanya peningkatan kemampuan peserta didik dalam memahami representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, serta mampu melakukan interpretasi dan transformasi diantara ketiga level fenomena sains (sains) sebagaimana dilaporkan oleh Chittleborough & Treagust (2007), Coll (2008), Devetak, *et al.* (2009), dan Davidowizth, *et al.* (2010).

Temuan dari kajian empiris ini menunjukkan bahwa model pembelajaran SiMaYang dapat dijadikan alternatif model pembelajaran untuk melatih peserta didik dalam menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena sains (makro, mikro/submikro, dan simbolik). Dalam pembelajaran sains, peserta didik tidak hanya belajar menggunakan algoritma dan hafalan saja, tetapi juga belajar memahami fenomena (sub)mikro, seperti reaksi kimia di tingkat molekuler, aliran listrik, struktur hemoglobin, dan sebagainya melalui imajinasi. Pembelajaran sains yang hanya fokus pada pemahaman terhadap algoritma dan hafalan saja, akan menghasilkan pemahaman yang dangkal (Dahsah dan Coll, 2008). Dengan demikian, peran imajinasi dalam pembelajaran sains menjadi sangat penting, sebab melalui imajinasi keterampilan dan kreativitas peserta didik dapat ditingkatkan.

Kekuatan imajinasi peserta didik dalam pembelajaran SiMaYang digunakan dalam fase eksplorasi - imajinasi dan hasilnya ditunjukkan melalui fase internalisasi. Kemampuan peserta didik dalam menggunakan imajinasinya dapat dilihat dari respon peserta didik ketika peserta didik memberikan tanggapan / komentar/pertanyaan baik pada saat guru/dosen memberikan penjelasan dan abstraksi maupun pada saat presentasi kelompok. Kemampuan imajinasi juga dapat dilihat ketika peserta didik melakukan latihan-latihan menginterpretasi dan mentransformasi fenomena makro ke (sub)mikro atau sebaliknya melalui LK (lembar kegiatan/kerja) baik individu maupun kelompok.

Pembelajaran dengan menekankan latihan-latihan imajinasi dalam membuat interkoneksi di antara level-level fenomena sains inilah yang menyebabkan adanya perbedaan yang sangat

mencolok antara model mental peserta didik kelas eksperimen dengan model mental kelas kontrol dalam mempelajari topik-topik yang bersifat abstrak. Perbedaan tersebut tercermin dari jawaban peserta didik atas respon terhadap pertanyaan-pertanyaan tes model mental. Berdasarkan analisis deskriptif dan statistik nampak bahwa terdapat perbedaan model mental antara peserta didik pada kelas eksperimen dengan peserta didik pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, mayoritas peserta didik telah mampu melakukan interpretasi terhadap fenomena (sub)mikro sebagaimana jawaban peserta didik terhadap pertanyaan pada tes model mental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mental peserta didik kelas eksperimen, setelah pembelajaran sudah memasuki level (sub)mikro dan merupakan model mental “konsensus” dan “target” yang masih sederhana (Sunyono, 2012, 2014, dan 2015b).

Pada kelas kontrol terjadi sebaliknya. Setelah pembelajaran, model mental peserta didik masih didominasi oleh model yang bersifat makro dan verbal, sehingga masih berada pada model mental alternatif (Sunyono, 2012, 2014, dan 2015b). Hal ini disebabkan mayoritas peserta didik kelas kontrol belum memiliki kemampuan dalam melakukan interpretasi dan transformasi terhadap fenomena representasi eksternal submikro. Hasil kajian empiris ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jaber and BouJaoude (2012) bahwa profil model mental dari kelompok kontrol memiliki karakteristik berupa representasi yang kebanyakan masih makroskopik dan tingkat submikroskopiknya masih membingungkan.

Kemampuan peserta didik kelas eksperimen dalam menerjemahkan gambar (sub)mikro menunjukkan bahwa pembelajaran dengan melibatkan fase eksplorasi - imajinasi dapat menumbuhkan daya imajinasi peserta didik, karena dalam proses pembelajaran yang berlangsung peserta didik dilatih dan dibiasakan dalam melakukan interpretasi dan transformasi level-level representasi fenomena sains. Dengan latihan yang terus menerus, peserta didik akan mampu menggunakan model mentalnya dalam rangka menjelaskan peristiwa-peristiwa yang melibatkan penggunaan model visual (Coll, 2008) dan tidak akan mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan struktur (sub)mikro dari suatu molekul (Devetak, *et al.*, 2009), sehingga daya kreativitas peserta didik dapat tumbuh dan berkembang (Haruo, 2009), sebagaimana ditunjukkan dengan kemampuan peserta didik dalam membuat gambar (sub)mikro hasil reaksi pada pembelajaran kimia.

Pada awal pembelajaran, peserta didik kelas eksperimen mengalami kesulitan dalam merespon pertanyaan-pertanyaan tes model mental. Kesulitan yang dialami peserta didik disebabkan selama mereka belajar (sains fisika, kimia, biologi) di bangku sekolah menengah, tidak pernah berlatih melakukan interpretasi dan transformasi fenomena representasi eksternal (sub)mikroskopik, sehingga ketika dihadapkan soal-soal berupa gambar-gambar (sub)mikro, peserta didik merasa asing dengan representasi level (sub)mikroskopik tersebut. Setelah pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran SiMaYang, kesulitan tersebut dapat diatasi oleh peserta didik. Hasil kajian empiris ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jaber and BouJaoude (2012) yang melaporkan bahwa pada awal penelitian, mayoritas peserta

didik menunjukkan kesulitan yang berhubungan dengan interpretasi dan transformasi antara fenomena makro, (sub)mikro, dan simbolik dalam memecahkan masalah. Setelah pembelajaran (penelitian), peserta didik dari kelompok eksperimen dengan profil model mental “tinggi” menunjukkan pemahaman di level (sub)mikro yang lebih maju daripada peserta didik kelompok kontrol. Selain itu, peserta didik kelas eksperimen menunjukkan tingkat kecanggihan yang lebih baik dalam membuat gambar submikro tentang reaksi daripada kelompok kontrol.

Kajian empiris melalui analisis statistik juga menunjukkan bahwa pembelajaran sains dengan menggunakan model pembelajaran SiMaYang lebih efektif dalam membangun model mental peserta didik daripada perkuliahan Sains secara konvensional, dan mampu mensejajarkan kemampuan membangun model mental peserta didik berkemampuan awal “rendah” dengan peserta didik berkemampuan awal “sedang” dan “tinggi” (Sunyono, 2012, 2014, dan 2015b).

5.3 KAJIAN EMPIRIS TERHADAP PENGUASAAN KONSEP PESERTA DIDIK

Kajian empiris dalam pembelajaran Sains dengan menggunakan model SiMaYang menghasilkan fakta bahwa model SiMaYang mampu meningkatkan penguasaan konsep peserta didik dengan *N-Gain* kategori “sedang” (Afdila, 2015; Fauziyah, 2015; Hananto, 2015; Izzati, 2015; Sunyono, 2014 dan 2015b). Hasil kajian empiris dengan analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada rerata *N-Gain* penguasaan konsep antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol (Sunyono, 2012, 2014, dan 2015b). Hasil kajian empiris juga menunjukkan bahwa model pembelajaran SiMaYang mampu mensejajarkan peserta didik dengan kemampuan awal “rendah” dengan peserta didik berkemampuan awal “sedang” dan “tinggi” dalam meningkatkan penguasaan konsep kimia, terutama untuk topik-topik baik yang bersifat abstrak maupun yang matematis. Dengan demikian, model pembelajaran ini sangat cocok untuk membelajarkan topik-topik yang memiliki karakteristik yang sama, yaitu abstrak, matematis, dan analitis, seperti stoikiometri, struktur atom, ikatan kimia, kesetimbangan kimia, listrik dan magnet, energi, sistem organ, genetika, atau topik-topik lain yang banyak mengandung fenomena (sub)mikroskopik.

Peningkatan penguasaan konsep ini dapat dipahami, karena pembelajaran dengan menggunakan model SiMaYang merupakan pembelajaran berbasis multipel representasi, dimana dalam pelaksanaannya peserta didik diajak untuk melakukan proses eksplorasi pengetahuan dengan cara memperhatikan uraian dari guru/dosen, membaca buku teks, dan/atau melalui *webpage/webblog*. Dengan demikian, pembelajaran selalu berlangsung dengan menggunakan berbagai sumber informasi. Fase-fase pembelajaran dalam model SiMaYang lebih menekankan pada kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik, seperti pada fase eksplorasi - imajinasi. Kegiatan eksplorasi merupakan kegiatan pembelajaran yang ditekankan pada konseptualisasi masalah-masalah sains yang sedang dihadapi berdasarkan kegiatan diskusi, eksperimen laboratorium / demonstrasi, mengamati tayangan animasi atau diagram visual (sub)mikro, dan pelacakan informasi melalui jaringan internet (*webblog* atau *webpage*). Tahap eksplorasi dan imajinasi ini dilakukan secara kolaboratif melalui diskusi kelompok (Sunyono, 2012 dan 2014).

Dalam kegiatan eksplorasi ini peserta didik diberi kesempatan untuk memperluas dan memperdalam pengetahuannya dengan melakukan penelusuran informasi melalui internet, buku teks, mengamati kegiatan demonstrasi, animasi, menganalisis gambar visual submikro, dan membangun konsep melalui penalaran dan berpikir tingkat tinggi. Pada kegiatan eksplorasi akan muncul pertanyaan-pertanyaan pada peserta didik seperti mengapa dan bagaimana. Kegiatan eksplorasi selalu dibarengi dengan kegiatan imajinasi. Kegiatan imajinasi diperlukan untuk melakukan pembayangan mental terhadap representasi submikroskopik, sehingga dapat mentransformasikannya ke level makroskopik atau simbolik atau sebaliknya. Kegiatan eksplorasi - imajinasi merupakan tahap yang paling penting dalam pembelajaran untuk menumbuhkan daya nalar dan membangkitkan kreativitas peserta didik (Sunyono, 2012).

Di samping kegiatan eksplorasi dan imajinasi dalam pembelajaran dengan model SiMaYang, peserta didik diberi kesempatan untuk menginternalisasikan hasil kerja kelompoknya. Pada tahap internalisasi, peserta didik melakukan presentasi dan diskusi kelas, mengerjakan tugas individu atau latihan individu dalam melakukan interpretasi dan transformasi fenomena sains dari level yang satu ke level yang lain. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya berlatih secara kelompok pada tahap eksplorasi - imajinasi, tetapi juga berlatih secara individu pada tahap internalisasi.

5.4 KELEBIHAN DAN KETERBATASAN MODEL PEMBELAJARAN SiMaYang

Kelebihan dari model pembelajaran SiMaYang antara lain:

1. Model pembelajaran *SiMaYang* mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran yang ditunjukkan dengan munculnya berbagai aktivitas pembelajaran. Pada pembelajaran *SiMaYang* dominasi guru/dosen dalam pembelajaran *SiMaYang* dapat diminimalkan dan memberikan peran guru/dosen sebagai fasilitator dan mediator.
2. Model pembelajaran *SiMaYang* merupakan model pembelajaran yang menyenangkan. Hasil kajian empiris menunjukkan lebih dari 80% peserta didik berikan respon positif dan senang dengan pelaksanaan pembelajaran menggunakan model *SiMaYang*.
3. Model pembelajaran *SiMaYang* mampu membangun model mental peserta didik dalam upaya memahami materi pembelajaran ke arah model mental dengan kategori "baik" atau dengan karakteristik "konsensus" dan "baik sekali" dengan karakteristik "target," serta peningkatan model mental tersebut lebih tinggi dibanding pembelajaran konvensional.
4. Model pembelajaran *SiMaYang* memiliki ciri **kolaboratif, kooperatif, dan imajinatif** yang tertuang dalam fase eksplorasi - imajinasi dan internalisasi dapat dijadikan alternatif model pembelajaran yang mampu mensejajarkan peserta didik berkemampuan awal rendah dengan peserta didik berkemampuan awal sedang dan tinggi dalam membangun model mental dan meningkatkan penguasaan konsep.
5. Model pembelajaran *SiMaYang* dapat dipandang sebagai model "terpadu" yang menggabungkan media TIK dengan berbagai fenomena kimia dan menggabungkan media

tersebut dengan berbagai aktivitas peserta didik, aktivitas guru/dosen, interaksi antar peserta didik, dan ineteraksi antara guru/dosen dengan peserta didik.

6. Model pembelajaran *SiMaYang* mampu menciptakan lingkungan belajar yang kaya akan aktivitas pembelajaran, baik yang bersifat individual maupun yang bersifat kolaboratif, sekaligus mampu membelajarkan pada peserta didik arti pentingnya kerjasama dan menghargai hasil kerja orang lain.
7. Model pembelajaran *SiMaYang* mampu memberikan dorongan atau motivasi kepada peserta didik untuk mengasah kemampuan imajinasinya dalam memahami fenomena yang bersifat abstrak. Kekuatan imajinasi peserta didik dalam pembelajaran dengan model *SiMaYang* mampu meningkatkan kemampuan dalam melakukan interpretasi dan transformasi ketiga level fenomena kimia.

Di samping memiliki kelebihan, model pembelajaran *SiMaYang* ternyata juga memiliki beberapa keterbatasan, antara lain:

- a. Model pembelajaran *SiMaYang* hanya mampu meningkatkan model mental peserta didik dengan *N-Gain* berkategori “sedang”. Mayoritas model mental yang dapat dibangun adalah model mental dengan kategori “baik” atau model mental dengan karakteristik “konsensus”, sedangkan model mental dengan kategori “sangat baik” atau model mental “target” dapat ditumbuhkan (pada kisaran antara 10 – 25%) (Sunyono, 2014 dan 2015b). Hal ini disebabkan untuk menumbuhkan model mental “target” (kategori “sangat baik”) memerlukan waktu yang tidak singkat dan perlu latihan terus-menerus.
- b. Pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang* memerlukan infrastruktur yang memadai (seperti listrik, fasilitas internet, dan komputer). Seringnya listrik padam pada saat pembelajaran dapat menjadi hambatan keterlaksanaan dan keberhasilan pembelajaran dengan model *SiMaYang*.
- c. Pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang* memerlukan kesiapan fasilitas jaringan internet dengan kapasitas dan kecepatan yang memadai sehingga dapat diakses oleh banyak peserta didik pada saat bersamaan. Lambatnya akses internet menjadi salah satu hambatan yang sangat berarti dalam pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang*.
- d. Model pembelajaran *SiMaYang* mengharuskan pengguna model memiliki kemampuan IT yang cukup baik. Kurangnya kemampuan IT dari pengguna model dapat menjadi hambatan keterlaksanaan model pembelajaran *SiMaYang*.
- e. Membutuhkan waktu yang cukup lama dalam menyiapkan perangkat pembelajaran dan jika tidak dipersiapkan dengan baik, pembelajaran dapat menyita waktu yang cukup lama.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan/keterbatasan model pembelajaran *SiMaYang*, guru/dosen yang menerapkan model pembelajaran ini akan terlihat lebih kreatif dan inovatif, karena model ini memiliki beberapa keunggulan – keunggulan sebagaimana disebutkan di atas. Di samping itu, beberapa kelemahan/keterbatasan dari model *SiMaYang* perlu menjadi bahan

pertimbangan dalam menyusun perencanaan pembelajaran termasuk menyiapkan perangkat pembelajarannya, seperti lembar kerja peserta didik (LKPD), media pembelajaran baik yang dinamis maupun yang statis, dan menyiapkan berbagai bahan informasi yang diunggah di blog, sehingga mudah diakses oleh peserta didik. Di samping itu, guru/dosen yang akan menerapkan model pembelajaran SiMaYang perlu memiliki keterampilan manajemen pembelajaran yang memadai, seperti: pengelolaan kelas, pengelolaan/ pengaturan waktu (tempo) pembelajaran, pengaturan diskusi kelompok, pengaturan kegiatan individu, maupun pengaturan presentasi dan diskusi kelas. Oleh sebab itu, diperlukan strategi guru/dosen dalam melakukan semua aktivitas tersebut, termasuk membimbing dan memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok dan kegiatan individu dalam latihan imajinasi untuk melatih kemampuan menginterpretasikan fenomena representasi yang dihadapi dan kemampuan melakukan transformasi dari fenomena makro ke submikro dan simbolik atau sebaliknya. Guru/dosen yang akan menerapkan model SiMaYang dalam pembelajarannya perlu berlatih lebih dahulu dalam menginterkoneksi tiga level fenomena sains dan harus selalu berusaha membuat permainan, seperti TTSBS (teka teki silang belajar sains), seni dalam sains, cerpen pembelajaran sains, dan sebagainya.

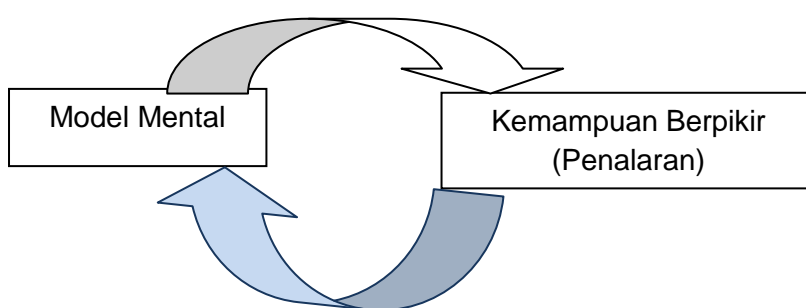
5.5 KESESUAIAN MODEL PEMBELAJARAN SiMaYang DENGAN PENDEKATAN SAINTIFIK

Berdasarkan hasil pengembangan model pembelajaran SiMaYang dan paradigma pembelajaran dengan pendekatan saintifik, terlihat jelas bahwa model pembelajaran SiMaYang merupakan model pembelajaran masa depan. Meskipun sudah dilakukan penelitian selama 5 tahun, model pembelajaran SiMaYang saat ini masih terus diteliti keefektifannya dalam pembelajaran. Ditinjau dari karakteristiknya model pembelajaran SiMaYang ini dalam pengembangan awalnya telah mengantisipasi perubahan kurikulum ke arah optimalisasi daya kreativitas peserta didik, sebagaimana Kurikulum 2013 dengan paradigma pembelajaran dengan pendekatan saintifik. Telah dikemukakan di atas bahwa model pembelajaran berbasis multipel representasi yang bernama SiMaYang merupakan model pembelajaran yang menekankan pada interkoneksi tiga level fenomena sains, yaitu level (sub)mikro yang bersifat abstrak, level simbolik, dan level makro yang bersifat nyata dan kasat mata.

Interkoneksi tiga level fenomena sains terutama kimia memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Oleh sebab itu, dalam pelaksanaan pembelajaran fokus utama yang menjadi sasaran adalah kemampuan peserta didik dalam menggunakan potensi berpikir tingkat tinggi yang dimilikinya melalui proses imajinasi untuk mengembangkan kemampuan model mental peserta didik. Secara konseptual, model mental adalah representasi model skala-internal terhadap realitas eksternal, atau sebagai representasi pribadi mental seseorang terhadap suatu ide atau konsep (Greca dan Moreira, 2001), atau sebagai representasi pribadi dari suatu objek (dapat berbentuk diagram, gambar, grafik, matematik, persamaan reaksi, dan/atau deskripsi

kata-kata), atau ide yang dihasilkan oleh seseorang selama proses kognitif berlangsung (Harrison dan Treagust, 2000). Secara operasional, model mental peserta didik didefinisikan sebagai suatu representasi internal yang dibangun melalui pengalaman belajar yang ditunjukkan melalui kemampuan menginterpretasi, mentransformasi, dan memberikan penjelasan terhadap fenomena eksternal sebagai respon atas pertanyaan-pertanyaan yang diajukan secara tertulis maupun lisan.

Menilik kurikulum dengan paradigma pembelajaran dengan pendekatan saintifik nampaknya ada kecocokan dalam hal orientasi pembelajaran di kelas. Dimana kurikulum tersebut lebih menekankan pada pembelajaran dengan fokus melatih peserta didik agar memiliki kemampuan berpikir kritis dan kreatif melalui optimalisasi daya kreativitas peserta didik. Demikian pula model pembelajaran SiMaYang yang menekankan pada proses eksplorasi dan imajinasi juga bertujuan untuk melatih peserta didik agar memiliki kemampuan dalam membangun model mental. Model mental merupakan salah satu jenis keterampilan berpikir tingkat tinggi. Berdasarkan hasil kajian empiris (Sunyono, 2012 dan 2014; Afdila, 2015, dan Fauziyah, 2015), peserta didik dengan kemampuan berpikir tinggi memiliki model mental dengan kategori "baik" dan mengarah pada model mental "target". Menurut Senge (2004) bahwa proses berpikir seseorang memerlukan bangunan model mental yang baik. Seseorang yang mengalami kesulitan dalam membangun model mentalnya menyebabkan orang tersebut akan mengalami kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikir, sehingga tidak mampu melakukan pemecahan masalah dengan baik. Dengan demikian, antara model mental, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan kreativitas tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Hubungan antara model mental dengan kemampuan berpikir peserta didik, penulis gambarkan sebagaimana Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Keterkaitan antara Model Mental dan Kemampuan Berpikir (Sunyono, dkk., 2013)

Setiap orang menggunakan model mental yang dimiliki 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, aljabar/matematis, bahkan juga deskripsi verbal dengan kata-kata atau bentuk tulisan cetak, dan lain-lain), kemudian dapat dikomunikasikan pada orang lain (Borges dan Gilbert, 1999; Greca dan Moreira, 2001).

Pada model pembelajaran SiMaYang, kegiatan eksplorasi dan imajinasi adalah kegiatan utama yang harus dilakukan dalam pembelajaran untuk membangun model mental dan meningkatkan kemampuan kreativitas peserta didik. Grilli dan Glisky (2010) menunjukkan bahwa imajinasi dapat meningkatkan kemampuan memori individu daripada elaborasi semantik pada individu dengan memori terganggu baik pada individu dengan gangguan saraf maupun individu yang sehat. Menurut Kind & Kind (dalam Ren, 2012) bahwa imajinasi merupakan keterampilan yang sangat penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir, karena imajinasi telah berkontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Lebih jauh, Haruo (2009) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa pembelajaran yang menekankan pada proses imajinasi dapat membangkitkan kemampuan representasi peserta didik, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kreativitas peserta didik. Kekuatan imajinasi akan membangkitkan gairah untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan konseptual peserta didik.

Berdasarkan uraian-uraian di atas, jelas bahwa dengan dibangunnya model mental peserta didik melalui model pembelajaran SiMaYang, daya kreativitas peserta didik dapat lebih ditingkatkan, sehingga keterampilan berpikir kritis dan kreatifnya akan menjadi jauh lebih baik. Dengan demikian, tuntutan kurikulum dengan paradigma pembelajaran saintifik dapat dipenuhi oleh pendidik (guru/dosen). Dalam hal ini, untuk mengimplementasikan kurikulum tersebut, guru/dosen tidak perlu merasa kesulitan lagi, karena meskipun masih dalam tahap penyelidikan, namun model pembelajaran SiMaYang dapat dijadikan salah satu alternatif dalam membangkitkan daya kreativitas anak sesuai tuntutan kurikulum. Oleh sebab itu, belajar sains harus melibatkan imajinasi peserta didik, tanpa melibatkan imajinasi, belajar sains hanyalah belajar menghafalkan hukum-hukum, prinsip-prinsip, atau kaidah-kaidah sains dari para ahli, namun tidak memiliki kemampuan berkreaitivitas dalam menggambarkan peristiwa yang sebenarnya terjadi. Albert Einstein (Greenberg, B.R. dan Dianne P., 2008) mengatakan, "*Imajinasi lebih penting daripada pengetahuan. Pengetahuan itu terbatas, sedangkan imajinasi mengelilingi bumi*". Dia (Einstein) melihat dan mengalami kekuatan imajinasi. Dia mengatakan demikian bukan berarti pengetahuan tidak diperlukan, tetapi hanya tidak memiliki ruang lingkup imajinasi.

Kunci sukses dalam meraih prestasi belajar terutama bidang sains adalah dengan memaksimalkan daya imajinasi dan sugesti. *Image* (gambar) adalah bahasa pikiran. Gambar apa saja yang dipikirkan atau dibayangkan dengan "emosi" yang kuat akan terwujud menjadi kenyataan. Pada saat anda berimajinasi atau bervisualisasi dalam dimensi subyektif, sesuatu yang Anda bayangkan akan terwujud secara instan dalam dimensi subjektif Anda, dan tentu saja dalam kurun waktu tertentu Anda akan berhasil dalam belajar, terutama dalam belajar sains (IPA, Fisika, kimia, Biologi, astronomi, Ilmu Bumi, dsb). Itulah sebabnya dalam menerapkan model pembelajaran SiMaYang, Anda harus menggunakan bahasa pikiran (imajinasi) peserta didik, agar peserta didik Anda sukses. Tentu saja Anda harus belajar dulu bagaimana membaca bahasa pikiran dan mengoptimalkan pikiran bawah sadar Anda sendiri dan murid Anda.

5.6 CONTOH RPP DAN LKPD DARI MODEL SiMaYang

Berdasarkan hasil kajian empiris dihasilkan beberapa perangkat pembelajaran terutama RPP (rencana pelaksanaan pembelajaran) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Berikut diberikan contoh RPP dan LKPD dari model pembelajaran SiMaYang Tipe-2. Contoh-contoh yang ditampilkan di sini merupakan hasil pengembangan yang telah diuji baik validitasnya, kepraktisannya, maupun keefektivannya dalam pembelajaran di kelas. Di sini hanya diberikan contoh RPP dan LKPD pada pembelajaran kimia, dan bagi guru/dosen bidang studi sains lainnya dapat mengadopsi dari contoh yang diberikan berikut ini, dengan tetap berpedoman pada sintaks model SiMayang atau SiMaYang Tipe-2.

5.6.1 Contoh RPP pada Pembelajaran Kimia

A. Identitas

Satuan Pendidikan	: SMA XXXX
Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas/Semester	: X (sepuluh)/Genap
Materi Pembelajaran	: Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit
Alokasi Waktu	: 2 x 45 menit
Pertemuan ke	: 2 (Dua)

B. Kompetensi Dasar(KD) dan Indikator :

Kompetensi Dasar :

- 1.1 Menyadari adanya keteraturan struktur partikel materi sebagai wujud kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang struktur partikel materi sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.

Indikator :

- 1.1.1 Mensyukuri keteraturan struktur partikel materi sebagai wujud kebesaran Tuhan YME sehingga manusia dengan pemikiran kreatifnya dapat menggolongkan larutan kedalam larutan elektrolit dan nonelektrolit.
- 1.1.2 Mengucapkan salam ketika memasuki kelas.

Kompetensi Dasar :

- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.

Indikator :

- 2.1.1 Menunjukkan sikap antusias dengan mengajukan pertanyaan dalam kegiatan pembelajaran dan percobaan larutan elektrolit dan nonelektrolit
- 2.1.2 Menunjukkan sikap kerjasama dalam diskusi untuk mengetahui sifat larutan elektrolit dan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listriknya

Kompetensi Dasar :

- 3.8. Menganalisis sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit berdasarkan daya hantar listriknya.

Indikator :

- 3.8.1 Memberikan penjelasan tentang larutan elektrolit dan nonelektrolit dapat menghantarkan arus listrik melalui gambar visual dan penjelasan verbal.
- 3.8.2 Menginterpretasikan gambar submikro tentang larutan elektrolit dan nonelektrolit.
- 3.8.3 Menggambarkan pergerakan elektron pada kedua elektroda dalam larutan NaCl dan larutan gula.
- 3.8.4 Menentukan arah aliran elektron saat kedua elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit melalui gambar visual.

Kompetensi Dasar :

- 4.8 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan untuk mengetahui sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit.

Indikator:

- 4.8.1 Mengidentifikasi sifat-sifat yang membedakan antara larutan elektrolit dan nonelektrolit.
- 4.8.2 Menyimpulkan sifat lelehan NaCl dan larutannya dalam menghantarkan arus listrik.
- 4.8.3 Membandingkan nyala lampu yang ditimbulkan oleh larutan gula dengan larutan NaCl.
- 4.8.4 Menyimpulkan penyebab larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Melalui gambar visual sebaran ion dalam larutan NaCl, secara mandiri siswa dapat memberikan penjelasan penyebab larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik.
2. Diberikan gambar submikroskopis tentang larutan elektrolit dan non elektrolit, siswa secara mandiri dapat menginterpretasikannya dengan melakukan transformasi dari level submikro ke makro dan simbolik.
3. Secara mandiri, siswa dapat menggambarkan pergerakan elektron pada kedua elektroda dalam larutan NaCl dan larutan gula.

4. Melalui gambar visual, secara mandiri siswa dapat membandingkan nyala lampu yang ditimbulkan oleh larutan gula dengan larutan NaCl.
5. Melalui gambar visual, siswa dapat menentukan arah aliran elektron saat kedua elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit

D. Materi Pembelajaran

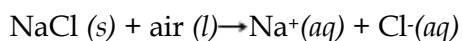
Berdasarkan kemampuannya menghantarkan arus listrik, larutan dibedakan menjadi larutan elektrolit dan nonelektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan nonelektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. Larutan elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Larutan elektrolit dapat mengalirkan arus listrik karena adanya ion-ion yang bebas bergerak. Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena tidak mengandung ion-ion bebas. Ion-ion itulah yang menghantarkan arus listrik.

Sementara itu, berdasarkan kekuatannya menghantarkan arus listrik, larutan elektrolit dibagi menjadi elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Larutan elektrolit yang memiliki daya hantar yang kuat disebut larutan elektrolit kuat. Contohnya larutan garam dapur, larutan asam sulfat dan larutan natrium hidroksida. Larutan elektrolit yang memiliki daya hantar yang lemah disebut larutan elektrolit lemah. Contohnya asam cuka dan larutan amoniak, sedangkan larutan nonelektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. Contohnya larutan gula, larutan urea, larutan alkohol, dan larutan glukosa.

Larutan elektrolit dapat berupa senyawa ion atau senyawa kovalen polar. Senyawa ion terdiri atas ion-ion. Jika senyawa ini dilarutkan, ion-ion dapat bergerak bebas sehingga larutan dapat menghantarkan listrik. Namun, Kristal senyawa ion tidak dapat menghantarkan listrik sebab dalam bentuk kristal ion-ion tidak dapat bergerak bebas karena terikat sangat kuat.

NaCl adalah senyawa ion, dalam keadaan kristal sudah sebagai ion-ion, tetapi ion-ion itu terikat satu sama lain dengan rapat dan kuat, sehingga tidak bebas bergerak. Jadi dalam keadaan kristal (padatan) senyawa ion tidak dapat menghantarkan listrik, tetapi jika garam yang berikatan ion tersebut dalam keadaan lelehan atau larutan, maka ion-ionnya akan bergerak bebas, sehingga dapat menghantarkan listrik.

Pada saat senyawa NaCl dilarutkan dalam air, ion-ion yang tersusun rapat dan terikat akan tertarik oleh molekul-molekul air dan air akan menyusup di sela-sela butir-butir ion tersebut (proses hidrasi) yang akhirnya akan terlepas satu sama lain dan bergerak bebas dalam larutan.



Senyawa kovalen terbagi menjadi senyawa kovalen non polar misalnya : F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , CH_4 dan kovalen polar misalnya : HCl , HBr , HI , NH_3 . Dari hasil percobaan, hanya senyawa yang berikatan kovalen polarlah yang dapat menghantarkan arus listrik.

E. Model dan Metode Pembelajaran

Model pembelajaran: SiMaYang Tipe-2

Metode pembelajaran: diskusi, latihan, dan pemberian tugas.

F. Langkah-Langkah Pembelajaran

I. Pendahuluan (Fase Orientasi) (5 menit)

- a. Menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini dan mereviu tugas pada pertemuan minggu lalu
- b. Siswa menyimak penyampaian tujuan sambil memberikan tanggapan (Mengamati)
- c. Memotivasi siswa dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang menuntun siswa untuk mempelajari materi yang akan dibahas, misalnya:
“ Ingat pembelajaran minggu lalu, kalian telah mengetahui bahwa larutan $NaCl$ merupakan larutan elektrolit, sedangkan larutan gula merupakan larutan nonelektrolit. Namun tahukah kalian apa yang menyebabkan larutan $NaCl$ dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan gula tidak?”
- d. Siswa menjawab pertanyaan dan menanggapi

II. Fase Imajinasi – Ekplorasi (60 menit)

(Kegiatan 1)

- a. Diberikan suatu gambar mengenai daya hantar listrik padatan, lelehan, dan larutan $NaCl$ serta gambar submikroskopis sebaran ion dalam padatan, lelehan, dan larutan $NaCl$ (siswa mengamati). Guru menanyakan: “Apa yang dapat kalian identifikasi dari gambar tersebut?”
- b. Siswa diminta untuk mengajukan pertanyaan (menanya) dengan diberikan lima kata kunci :
 - Lampu
 - Keadaan zat dalam pelarut
 - Katoda
 - Anoda
 - Sebaran ion-ion dalam larutan, lelehan, dan padatan $NaCl$
 - Nyala lampu
- c. Untuk menjawab pertanyaan dari siswa, guru mengajak siswa untuk duduk bersama kelompoknya membahas dan mendalami konsep larutan elektrolit dan nonelektrolit untuk memperoleh penjelasan yang melalui penelusuran informasi dari buku teks yang telah disediakan (menggali informasi).

- d. Dari hasil penelusuran informasi, guru membimbing dan memfasilitasi siswa untuk berdiskusi secara berkelompok (mengasosiasi/menalar) untuk melakukan imajinasi terkait penyebab larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik, sebagaimana visualisasi yang diberikan oleh guru.
- Diberikan gambar submikroskopis sebaran ion larutan, lelehan, dan kristal (padatan) NaCl.
 - Siswa melaksanakan diskusi dan bekerjasama dalam kelompok untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dari guru dalam LKPD secara disiplin dan bertanggung jawab untuk menemukan bahwa hanya larutan dan lelehan NaCl yang dapat menghantarkan listrik, sedangkan padatannya tidak.
 - Siswa melaksanakan diskusi (mengemukakan pendapat dengan banyak jawaban) dan bekerjasama dalam kelompok untuk memecahkan permasalahan yang ada.
- e. Guru memberikan bimbingan dan dorongan kepada siswa dalam menyelesaikan LKPD-03 (mengasosiasi/menalar).

(Kegiatan 2)

- a. Melalui bimbingan guru, siswa diminta menggambarkan submikroskopik pergerakan elektron pada kedua elektroda dalam larutan NaCl dan larutan gula.
Guru mengajukan pertanyaan: "Apa yang dapat kalian peroleh dari gambar tersebut?"
- b. Siswa diminta untuk mengajukan pertanyaan dengan menggunakan lima kata kunci :
- Arah aliran elektron
 - Ion Na⁺
 - Ion Cl⁻
- c. Untuk menjawab pertanyaan dari siswa, guru mengajak siswa untuk duduk bersama kelompoknya membahas dan mendalami konsep larutan elektrolit dan nonelektrolit untuk memperoleh penjelasan yang melalui penelusuran informasi dari buku teks yang telah disediakan (menggali informasi).
- d. Dari hasil penelusuran informasi, guru membimbing dan memfasilitasi siswa untuk berdiskusi secara berkelompok (mengasosiasi/menalar).
- Siswa diberikan gambar submikroskopis larutan NaCl dan larutan gula sebelum dan setelah dicelupkan elektroda
 - Guru mengajukan pernyataan: "Apa yang dapat kalian identifikasi dari gambar tersebut? Adakah perbedaan diantara keduanya?" (siswa mengenali dan mendeteksi)
 - Siswa melaksanakan diskusi dan bekerjasama dalam kelompok untuk memecahkan permasalahan tersebut.

- Guru mengajukan pertanyaan: "Bagaimanakah sebaran ion NaCl sebelum dan setelah dicelupkan elektroda?" Lalu bagaimana dengan larutan gula?"
 - Siswa melaksanakan diskusi dan bekerjasama dalam kelompok untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dari guru dalam LKPD secara teliti.
- e. Guru memberikan bimbingan dan dorongan kepada siswa dalam menyelesaikan LKPD-03 (mengasosiasi/menalar).

III. Fase Internalisasi (15 menit)

- a. Bersama-sama siswa, guru meminta siswa secara kelompok untuk mempresentasikan hasil belajarnya dalam menyelesaikan LKPD-03 (mengomunikasikan).
- b. Siswa dari kelompok lain diminta menyimak (mengamati) dan diberi kesempatan untuk memberi komentar/menanggapinya dengan bahasa yang baik dan santun (menanya dan menjawab). Dalam berkomentar/menanggapi, siswa diminta untuk menyebutkan nama kelompok (golongan), identitas diri berupa nama (nama unsur) dan alamat rumah (nomor massa dan nomor atom), sesuai dengan apa yang tertera di *name tag*.
- c. Setelah selesai presentasi, siswa diminta dan difasilitasi untuk berlatih merepresentasikan fenomena larutan elektrolit dan nonelektrolit secara individu dengan mengerjakan LKPD-04 (menggali informasi dan mengasosiasi).

IV. Fase Evaluasi (10 menit)

- a. Guru mereviu hasil kerja siswa, dengan meminta beberapa siswa untuk menyampaikan hasil kerjanya dari LKPD-04 (mengomunikasikan).
- b. Guru memberikan tugas latihan permasalahan larutan elektrolit dan nonelektrolit melalui buku paket.
- c. Siswa bertanya tentang pembelajaran yang akan datang.

G. Referensi

- Petrucci, Ralph H. - Suminar. 1985. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern (Edisi Keempat - Jilid 2)*. Erlangga. Jakarta.
- Purba, M. 2006. *Kimia Untuk SMA Kelas X*. Erlangga. Jakarta.
- Buku-Buku Kimia SMA Kelas X, semua penerbit

H. Penilaian Hasil Pembelajaran

1. Tes model mental
2. Tes hasil belajar (penguasaan konsep)
3. Aktivitas belajar siswa di dalam kelas

5.6.2 Contoh LKS Pembelajaran Kimia di SMA

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) (Pertemuan 2)

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)-03 : Kelompok

Nama Kelompok:

Nama Anggota : 1. 4.
2. 5.
3. 6.

A. Petunjuk:

1. Bacalah dulu informasi singkat pada LKPD ini, kemudian lakukan eksplorasi konsep melalui buku teks atau *website/weblog*, dan penjelasan dari guru atau visualisasi yang diberikan guru untuk memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam dan luas. Ajukan pertanyaan pada guru jika ada hal-hal yang kurang dapat Anda pahami sewaktu melakukan eksplorasi pengetahuan.
2. Setelah Anda memperoleh konsep larutan elektrolit dan non elektrolit melalui buku teks, website, atau melalui visualisasi gambar submikro dan animasi, kerjakan beberapa pertanyaan berikut dengan kelompok Anda.
3. Diskusikanlah dengan teman kelompok Anda, kemudian pilihlah satu orang diantara kelompok Anda untuk menjadi juru bicara untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok Anda.
4. Kerjakan pada tempat yang disediakan dan bila tempat tidak mencukupi, Anda dapat menggunakan halaman sebaliknya atau gunakan kertas tulis lain.

B. Tujuan Pembelajaran

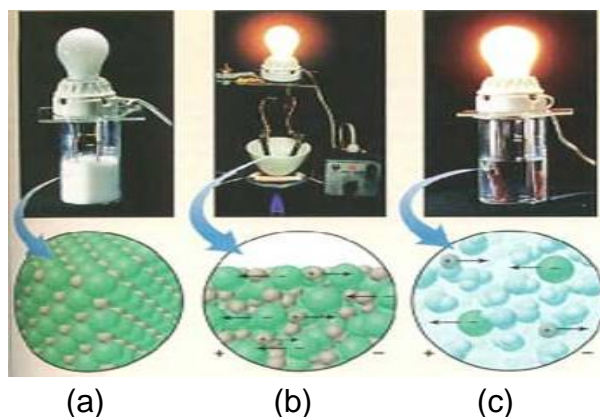
1. Melalui gambar visual sebaran ion dalam larutan NaCl, secara mandiri siswa dapat memberikan penjelasan penyebab larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik.
2. Diberikan gambar submikroskopis tentang larutan elektrolit dan non elektrolit, siswa secara mandiri dapat menginterpretasikannya dengan melakukan transformasi dari level submikro ke makro dan simbolik.
3. Secara mandiri, siswa dapat menggambarkan pergerakan elektron pada kedua elektroda dalam larutan NaCl dan larutan gula.
4. Melalui gambar visual, secara mandiri siswa dapat membandingkan nyala lampu yang ditimbulkan oleh larutan gula dengan larutan NaCl.
5. Melalui gambar visual, siswa dapat menentukan arah aliran elektron saat kedua elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit.

Tahap

Pahami dengan baik tujuan pembelajaran yang harus Anda capai di atas, untuk mencapai tujuan tersebut Anda perlu belajar dengan langkah-langkah berikut:

C. Informasi Singkat

Larutan elektrolit dapat berupa senyawa ion atau senyawa kovalen polar. Senyawa ion terdiri atas ion-ion. Jika senyawa ini dilarutkan, ion-ion dapat bergerak bebas sehingga larutan dapat menghantarkan listrik. NaCl adalah senyawa ion. Dalam berbagai keadaan NaCl dapat menunjukkan hasil yang berbeda bila diuji. Dalam bentuk padatan NaCl tidak dapat menghantarkan arus listrik sedangkan pada lelehan dan larutannya dapat menghantarkan arus listrik.



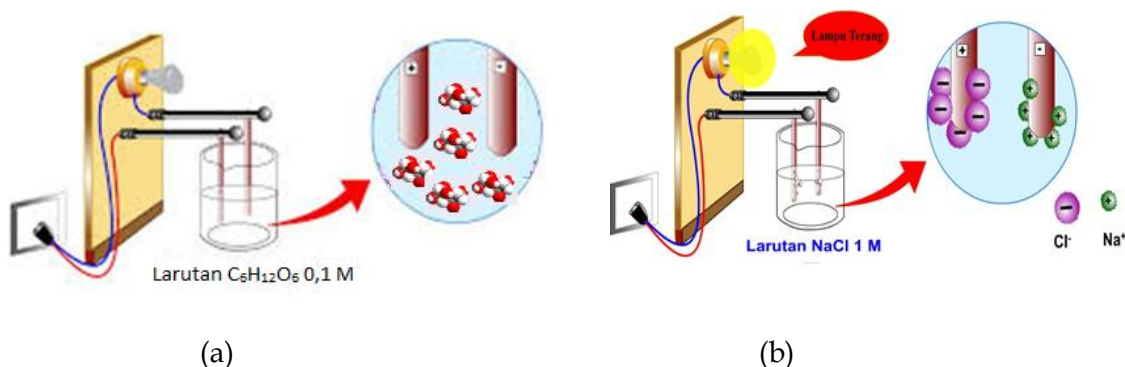
Gambar 5. 2 Level submikroskopis pada NaCl dalam berbagai keadaan padatan (a); dalam keadaan lelehan (b); dan dalam keadaan larutan (c) (Silberberg, 2007).

Gunakan **imajinasi** Anda pada gambar di atas. Mengapa dalam keadaan padatan, NaCl tidak dapat menghantarkan arus listrik? Mari kita bahas bersama.

Tahap Eksplorasi - Imajinasi

Sakarang perhatikan gambar di bawah ini. Gunakan **imajinasi** Anda , apa yang dapat kalian identifikasi dari gambar tersebut? Adakah hal yang mengganggu pikiran kalian? Anda boleh mengungkapkan dengan pernyataan atau dengan mengajukan pertanyaan. Gunakan kata kunci berikut untuk membantu Anda dalam membuat pertanyaan atau pernyataan:

- Lampu
- Keadaan zat dalam pelarut
- Katoda
- Anoda



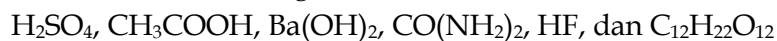
Gambar 5.3. Pengujian daya hantar listrik dan level submikro (a) larutan gula (b) larutan NaCl (Chang & Overby, 2008)

Pertanyaan :

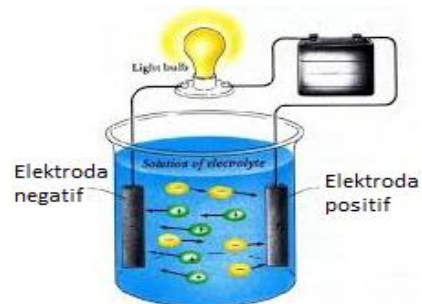
Untuk membantu Anda dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas, silahkan cari informasi atau penjelasannya pada buku kimia untuk SMA (Michael Purba) halaman 125-126 atau buku teks terkait lainnya.

D. Pertanyaan

1. Diketahui zat-zat sebagai berikut :



Apa yang terjadi jika zat-zat di atas dilarutkan ke dalam air? Tuliskan reaksi ionisasinya bila memungkinkan lengkap dengan fasennya.

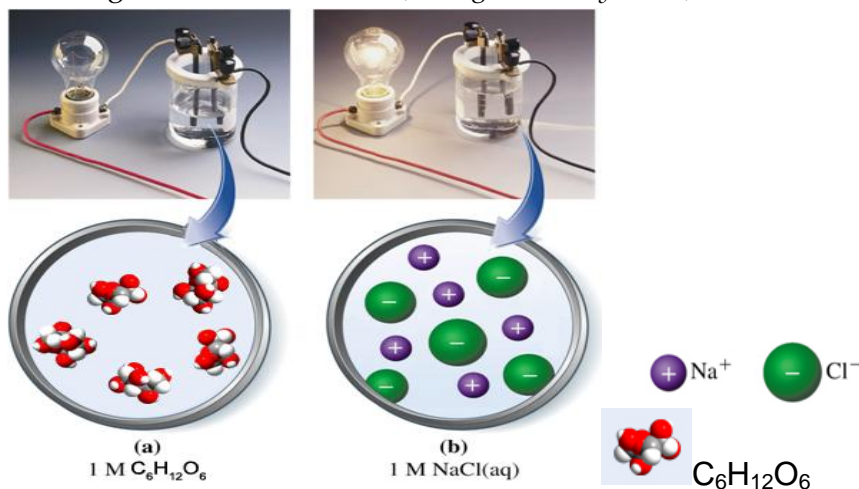


Jawaban :

2. Telah kita ketahui bahwa larutan NaCl merupakan larutan elektrolit karena dapat menghantarkan listrik. Berikut adalah gambar hasil pengujian larutan NaCl. Berdasarkan gambar di bawah ini, menurut Anda apa yang menyebabkan larutan NaCl dapat menghantarkan arus listrik? Jelaskan!

Jawaban :

3. Perhatikan gambar di bawah ini ! (Chang & Overby, 2008)



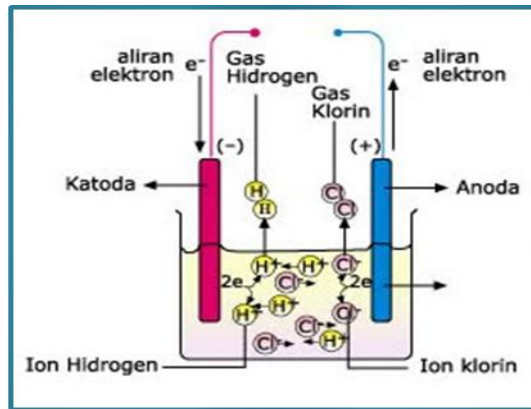
Gunakan imajinasi Anda untuk memahami gambar di atas. Menurut Anda mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik sedangkan larutan non elektrolit tidak? Hubungkan dengan keadaan ion dan molekul dalam larutan.

Jawaban :

4. Dari gambar pada soal nomor 3, gambarkan keadaan ion dan molekul pada larutan NaCl dan Larutan gula di sekitar kedua elektroda!

Jawaban :

5. Gunakan imajinasi Anda untuk mengamati gambar berikut ini!
Jelaskan mekanisme hantaran listrik pada larutan HCl yang di uji dengan elektrolit tester tersebut!



Jawaban :

Tahap Internalisasi

Setelah kalian selesai mengerjakan LKS kelompok, masing-masing perwakilan dari kelompok menyampaikan hasil kerja kelompoknya. Untuk kelompok lainnya diharapkan menyimak dan dapat memberikan tanggapan/pertanyaan terhadap kelompok yang presentasi.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)-04 : Individu

Nama Siswa :

No. Absen :

A. Petunjuk:

1. Setelah Anda memperoleh konsep larutan elektrolit dan non elektrolit melalui buku teks, *website*, atau melalui visualisasi gambar submikro dan animasi, kerjakan beberapa pertanyaan berikut secara individu.
2. Kerjakan beberapa pertanyaan berikut. Bila Anda telah selesai sesuai waktu yang diberikan dosen, tukarkanlah hasil kerjaan Anda ini dengan teman Anda, kemudian lakukan penilaian hasil pekerjaan temanmu itu dan hasil pekerjaan Anda akan dinilai oleh teman Anda!
3. Kerjakan pada tempat yang disediakan dan bila tempat tidak mencukupi, Anda dapat menggunakan halaman sebaliknya atau gunakan kertas tulis lain.

B. Informasi Singkat

Gunakan informasi pada LKPD-03

C. Pertanyaan

1. Tentukan apakah keadaan zat berikut ini dapat atau tidak menghantarkan arus listrik ?

a. Logam alumunium	f. Lelehan NaCl
b. Alumunium cair	g. asam asetat murni
c. Klorin cair	h. Larutan asam asetat
d. Kristal NaCl	i. Kritical gula
e. Larutan NaCl	j. Larutan gula

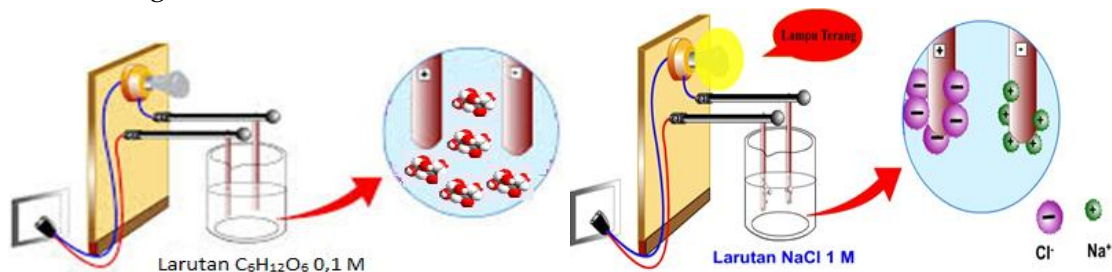
Berikan penjelasan singkat atas jawaban Anda!

Jawaban :

2. Asam asetat merupakan contoh dari larutan elektrolit lemah. Jika di uji dengan elektrolit tester maka lampu akan redup. Gambarkan level submikroskopis keadaan ion dalam larutan saat pengujian berlangsung.

Jawaban :

3. Perhatikan gambar berikut ini!

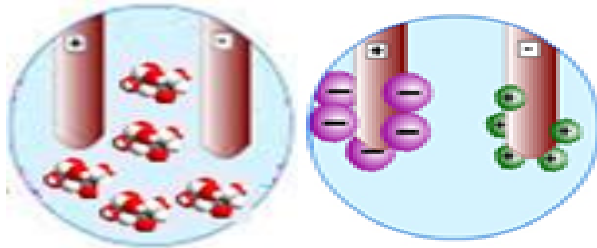


Dari kedua gambar tersebut, tentukan 3 perbedaan antara larutan elektrolit dan larutan non elektrolit.

Jawaban :

Gambar level submikro pada dua jenis larutan di sekitar katode di perlihatkan dalam gambar sebagai berikut.

Berdasarkan pengamatan Anda, sebutkan masing-masing 3 contoh larutan yang dapat memperlihatkan level submikro seperti pada gambar berikut.



Jawaban :

4. Gambarkan dan jelaskan mekanisme larutan KCl dalam menghantarkan arus listrik!

Jawaban :

Tahap Evaluasi

Dengarkan baik-baik revidu dari guru mengenai hasil pekerjaan kalian. Kalian boleh mengajukan pertanyaan jika ada hal yang belum dipahami. Untuk melatih keterampilan dalam melakukan interpretasi atau transformasi, kalian dapat mengulang kembali pembelajaran hari ini dan mengerjakan tugas yang diberikan guru.

Paraf Guru	Komentar
Nilai	

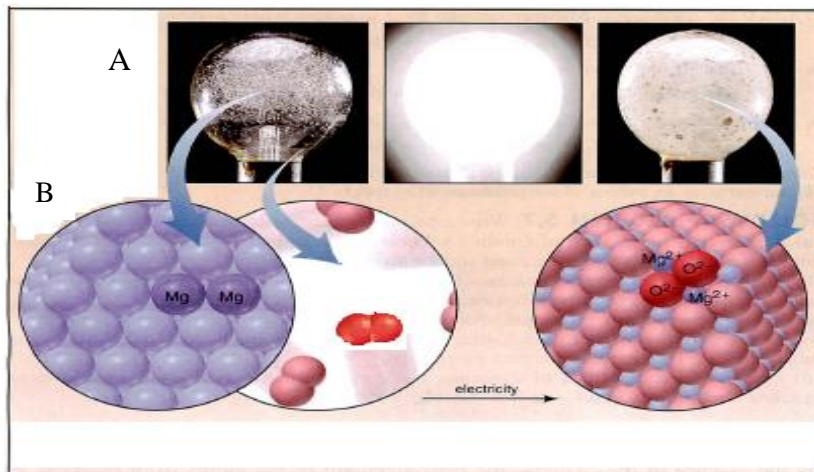
5.6.3 Contoh Permainan TEKA-TEKI SILANG BELAJAR KIMIA (TTSBK)

Perhatikan gambar submikro (a) dan (b) berikut, selanjutnya kerjakanlah Teka-Teki Silang Belajar Kimia (TTSBK) di bawah:



Bola berwarna biru adalah atom H dan bola berwarna hijau adalah atom F.

- b. Gambar interkoneksi tiga level fenomena kimia. Bola berwarna ungu (keabu-abuan) adalah atom Mg dan bola berwarna orange adalah atom O.



Mendatar:

1. Sebutan dari harga 12 g/mol dari atom C-12 (10 huruf).
2. Nama senyawa yang dihasilkan dari reaksi sebagaimana gambar (b) (15 huruf).
3. Satuan volume dalam sistem cgs (2 huruf).
4. Massa Atom Relatif (disingkat: 2 huruf).
5. Gambar (b). Produk reaksi pada bagian (B), atom Mg dan O dinyatakan dalam bentuk yang saling terikat kuat. (berulang: 3 huruf).
6. Gambar (b). Level fenomena kimia pada bagian (B) (14 huruf).
7. Gambar (b). Molekul yang digambarkan dengan sepasang bola berwarna orange (7 huruf).
8. Wujud zat dari reaktan yang berwarna ungu keabu-abuan (gambar b).
9. Besarnya 12,00 sma atom C-12 mengandung atom C-12.
10. Gambar (b). Jika 2 mol Mg dan 1 mol gas oksigen bereaksi sempurna, maka massa MgO yang dihasilkan gram.
11. Gambar (a). Molekul yang digambarkan dengan sepasang bola berwarna hijau.
12. Nama unsur dengan lambang Sm (8 huruf).

Menurun:

1. Besarnya 12 sma/atom dari atom C-12 disebut.... atom (5 huruf).
2. Sebanyak 12 gram atom C-12 mengandung satu atom C-12 (3 huruf).
3. Massa molekul relatif (disingkat: 2 huruf).
4. Dalam suatu reaksi, jumlah atom-atom dari unsur yang sama di ruas kiri (reaktan) dan di ruas kanan (produk) harus selalu (4 huruf).
5. Gambar (b). Level fenomena kimia pada bagian (A) (11 huruf).
6. Gambar (b). Koefisien reaksi dari produk (3 huruf).

7. Gambar (b). Jumlah partikel dari produk yang dihasilkan dari reaksi sebanyak ... x bilangan Avogadro (3 huruf).
8. Satuan massa atom (disingkat: 3 huruf).
9. Massa atom karbon dalam sampel alam sebesar 12,011 sma adalah ... dari massa atom isotop-isotopnya (berulang: 4 huruf).
10. Wujud zat dari produk yang dihasilkan pada reaksi gambar (b).
11. Massa (dalam gram) dari $6,022 \times 10^{23}$ atom hidrogen (4 huruf).
12. Bagian terkecil dari suatu unsur yang tidak dapat diuraikan lagi
13. Massa (dalam sma) dari satu atom suatu unsur secara numerik sama dengan massa (dalam ...) dari satu mol atom suatu unsur tersebut
14. Nomor atom dari atom C-12 (4 huruf).
15. Konversi: massa dibagi dengan Mm
16. Gambar (a). Rumus molekul dari produk reaksi pada gambar (a)
17. Suhu dalam derajat Celcius pada keadaan STP
18. Simbol bilangan Avogadro yang lazim digunakan

Isilah Teka-Teki Silang Belajar Kimia (TTSBK) berikut:

						1			4		5				
	2													6	
3						4				5					
			7		8										
		6						9					10		11
12															
											8				
7					13										
								15				9			
		14													
	10								16			17			
									11						18
12															

Tidak pernah salah jika kita ingin menjadi pribadi yang menyenangkan dan selalu tampak gembira

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. 2010. The Role of Quantum Physics Multiple Reprerentations to Enhance Concept Mastery, Generic Science Skills, and Critical Thinking Disposition for Pre-Service Physics Teacher Students. *Disertation for the Doctor Degree of Education in Science Education*. Indonesia University of Education (UPI). Bandung.
- Abdullah, F.A. 2006. The Pattern of Physics Problem-Solving from the Perspective of Metacognition. *Master Disertation, University of Cambridge*. Tersedia pada: <http://people.pwf.cam.ac.uk/kst24/ResearchStudents/>. Diakses: Pada Tanggal: 5 Januari 2011.
- Afdila, D. 2015. Penerapan Model Pembelajaran SiMaYang Tipe-2 Berbasis Multipel Representasi dalam Meningkatkan Efikasi Diri dan Penguasaan Konsep Larutan Elektrolit dan Non-Elektrolit. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Ainsworth. 2008. The Educational Value of Multiple-Representations when Learning Complex Scientific Concepts. In (Gilbert, J.K., Reiner, M., Nakhleh, M. Eds) *Visualisation: Theory and practice in science education*. U.K., Springer.
- Anonim. 2002. What is Constructivism? Terdapat pada situs: <http://thirteen.org/edoline/concept2>. Diakses tanggal: 23 November 2011.
- Arends, R.L. 1997. *Classroom Instruction and Management*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Bodner, G. M., 1986. Constructivism A Theory of Knowledge. Purdue University. *Journal of Chemical Education*. Vol. 63 No. 10.
- Borges, A.T., and John K. Gilbert. 1999. Mental Models of Electricity. *International Journal of Science Education*, 21, p. 95 - 117.

- BouJaoude, S., and Barakat, H., 2003. Students' Problem Solving Strategies in Stoichiometry and their Relationships to Conceptual Understanding and Learning Approaches. *Electronic Journal of Science Education*. 7, No. 3.
- Bruner, J. 2001. *Constructivist Theory*. Tersedia pada: <http://www.TIP.htm>. Diakses pada tanggal: 23 November 2011.
- Cañas, J.J., Antoli, A., and Quesada, J.F., 2001. The Role of Working Memory on Measuring Mental Models of Physical Systems. *Psicológica*, No. 22. Tersedia pada: www.uv.es-psicologica. Diakses Pada Tanggal: 5 Januari 2011.
- CAST (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield, MA. <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/principle1>. Diakses: 24 April 2011
- Chandrasegaran, Treagust, D.F., & Mocerino. 2007. Enhancing Students' Use Of Multiple Levels Of Representation To Describe And Explain Chemical Reactions. *School Science Review*, 88. p. 325.
- Chang, M. and Gilbert, J.K., 2009. Towards a Better Utilization of Diagram in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. *Model and Modeling in Science Education., Multiple Representations in Chemical education*. Springer Science+Business Media B.V. p. 55 - 73.
- Chittleborough, G.D. and Treagust D. F. 2007. The Modelling Ability Of Non-Major Chemistry Students And Their Understanding Of The Sub-Microscopic Level, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 274-292.
- Chittleborough, G.D. and Treagust D. F. 2008. Correct Interpretation of Chemical Diagrams Requires Transforming from One Level of Representation to Another. *Res Sci Educ.*, 38. p. 463-482.
- Cobb, Paul. 1994. Where Is the Mind Constructivist and Sociocultural Perspective on Mathematical Development. *Educational Research*. 23, (7). p. 1320.
- Coll and Treagust, D.F., 2003. Investigation of Secondary School, Undergraduate and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, p. 464 - 486.
- Coll. 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5, (1), p. 22 - 47.
- Dahsah, C., & Coll, R. K. 2008. Thai Grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, No.3. p. 573-600.

- Davidowitz, B., Chittleborough, G.D., and Eileen, M., 2010. Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 11, 154-164.
- Devetak, I., Erna, D.L., Mojca, J., and Saša, A. G., 2009. Comparing Slovenian year 8 and year 9 elementary school pupils' knowledge of electrolyte chemistry and their intrinsic motivation. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 10, p. 281-290.
- Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. 1994. Does mental practice enhance performance?. *Journal of Applied Psychology*. 79. p. 481-492.
- Farida, I. 2010. Mengapa, Untuk Apa, dan Bagaimanakah Seharusnya Pembelajar Belajar Ilmu Sains?. Tersedia pada: <http://faridach.wordpress.com/>.. Diakses Tanggal: 04 November 2010.
- Farida, I., dan Liliyasi. 2011. Pembelajaran Berbasis Web untuk Pengembangan Kemampuan Interkoneksi Multipel Level Representasi Pembelajar pada Topik Kesetimbangan Asam-Basa. *Prosiding Seminar Nasional Sains V*. 6 Juli 2011. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Fauziyah, N. 2015. Penerapan Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi SiMaYang Tipe-2 untuk Menumbuhkan Model Mental dan Penguasaan Konsep Larutan Elektrolit dan Non-elektrolit Siswa. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Godino, Batanero, & Font. 2007. *The Onto Semiotic Approach to Research in Mathematics Education* (ZDM-The International Journal on Mathematics Education, 39(1-2).
- Greca, I.M., and Moreira, M.A., 2000. Mental Models, Conceptual Models, and Modelling. *International Journal of Science Education*, 22, p. 1 - 11.
- Greenberg, B.R. and Dianne P., 2008. *Art in Chemistry; Chemistry in Art*. Second Edition. Teacher Ideas Press. Westport. London.
- Grusec, J.E. and Goodnow, J.J. 1994. "Impact of Parental Discipline Methods on the Child's Internalization of Values: A Reconceptualization of Current Points of View." *Developmental Psychology*. 30, No. 1. P. 4-1
- Hananto, R.A. 2015. Lembar Kerja Siswa Berbasis Multipel Representasi Dengan Model SiMaYang Tipe-2 Untuk Menumbuhkan Model Mental Dan Penguasaan Konsep Larutan Elektrolit Dan Non-Elektrolit. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Haykin, S., & Lippmann, R. 1994. Neural Networks, A Comprehensive Foundation. *International Journal of Neural Systems*, 5(4), 363-364.
- Harrison, A.G., and 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, p. 352 - 381.

- Haruo, O., Hiroki, F., & Manabu, S., 2009. Development of a lesson model in chemistry through "Special Emphasis on Imagination leading to Creation" (SEIC). *Chemical Education Journal (CE)*. 13, (1). p. 1-6.
- Henriksen, J.A.S. 1995. The Influence of Race and Ethnicity on Access to Postsecondary Education and the College Experience. ERIC Digest. ERIC Clearinghouse for Community Colleges: http://www.ed.gov/databases/ERIC_Digests/
- Heuvelen, V. and Zou. X.L. 2001. Multiple Representations of Work-energy Processes. *American Journal of Physics*. 69, (2). p 184.
- Howe, A. 1996. *Development of Science Concept within Vygotskian Framework*. Science Education. John Willey and Son. Singapore.
- Huddle, P.A. & Pillay, A.E., 1996. An In-Dept Study of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Teaching*. 34. p. 65 - 77.
- Izzati, S. 2015. Penerapan Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi SiMaYang Tipe-2 dalam Meningkatkan Efikasi Diri dan Penguasaan Konsep Asam Basa. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Jaber, L.Z. and Boujaoude, S., 2012. A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*. 34, No. 7, p. 973-998.
- Jansoon, N., Coll, R.K., dan Somsook, E., 2009. "Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students." *International Journal of Environmental & Science Education*. 4, No. 2. p. 147-168.
- Johnstone A.H., (1982), Macro- and Micro-Chemistry. *School Science Review*., 227, No. 64. p. 377-379.
- Johnstone, A. H. 1993. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70. No. 9. p. 701-705.
- Johnstone, A.H., 2006. Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. 7, (2). p. 49-63.
- Joyce, B., and Weil, M. 1992. *Models of Teaching*. 4th Edition. Allyn and Bacon. Boston.
- Kartono. 2000. *Dasar-dasar Psikologi Pendidikan*. Penerbit: Rosdakarya. Bandung.
- Khella, A., 2002. Knowledge and Model Mentals In HCl. Atikel pada: <http://www.cs.umd.edu/class/fall2002/cmcs838s/tichi/knowledge.html>. Diakses pada Tanggal: 28 Desember 2010.

- Kozma, R., & Russell, J. 2005. Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Vol. 7. Dordrecht: Springer. p. 121-145.
- Ma, Yue. 2008. Dual Coding Theory, Cognitive Load theory, and Their Applications in Computer Based Multimedia Design. Northern Illinois University. Tersedia pada: [http://cedu.niu.edu/.../642_materials/642_lit_review/ETT642_Ma_Literature .pdf](http://cedu.niu.edu/.../642_materials/642_lit_review/ETT642_Ma_Literature.pdf)). Diakses Tanggal: 13 November 2010.
- Meltzer, E.D. 2005. Relation Between Students' Problem-Solving Performance and Representational Format. *American Journal of Physics*. 73. (5). p.463.
- Najjar, L.J. 1995. "A Review of the Fundamental Effects of Multimedia Information Presentation on Learning". Atlanta: School of Psychology and Graphic, Visualization, and Usability Laboratory, Georgia Institute of Technoloy, Atlanta. Tersedia pada: <http://www.cc.gatech.edu/gvu/>. Diakses Tgl: 22 Oktober 2010.
- Nakhleh, M.B., and Brian Postek. 2008. Learning Chemistry Using Multiple External Representations. *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Gilbert et al., (eds.), p. 209 - 231.
- Nieveen. 1999. *Prototyping to Reach Product Quality*, In Alker, Jan Vander, "Design Approaches and Tools in Education and Training". Kluwer Academic Publisher. Dordrecht.
- Orkwis, R. 1999. *Curriculum Access and Universal Design for Learning*. ERIC/OSEP Digest #E586. The ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education: <http://ericec.org>
- Park, E.J., 2006. Student Perception and Cenceptual Development as Represented by Student Mental Models of Atomic Structure. *Disertation for the Doctor Degree of Philosophy in the Graduate School of The Ohio State University*. Columbus. USA.
- Piaget, J. 1988. *Antara Tindakan dan Pikiran*. Terjemahan Agus Cremers. Penerbit: PT. Gramedia. Jakarta.
- Putra, Y.P., 2008. *Memori dan Pembelajaran Efektif; Total Mind Learning (TML) Series*. Penerbit: Yrama Widya. Bandung.
- Sadoski, M., dan Paivio, A., 2007. Toward a Unified Theory of Reading. *Scientific Studies of Reading*. 11, (4). p. 337-356.
- Sadoski, 2009. Basic Principles of Dual Coding Theory; Applications and Extensions of Dual Coding Theory; Challenges and Controversies. Tersedia pada: <http://www.education.com/reference/article/dual-coding-theory/>. Diakses tanggal: 10 Desember 2010.

- Safitri, A.R. 2015. Lembar Kerja Siswa Berbasis Multipel Representasi dengan Model SiMaYang Tipe-2 untuk Menumbuhkan Model Mental dan Penguasaan Konsep Asam-Basa. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Sanky, M., 2005. Visual and Multiple Representatuions in Learning Materials: An Issue of Literacy. Artikel pada: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:yX5La-ofdAJ:eprints.usq.edu.au/145/1/Sankey_CreatEd2003.pdf. Diakses pada Tanggal: 11 Maret 2011.
- Schönborn, K.J., and Anderson, T.R., 2006. A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry., *Proceedings of the National Association for Research in Science Teaching (NARST) Annual Meeting*, San Francisco, United States.
- Schönborn, K.J., and Anderson, T.R., 2009. A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry. *International Journal of Science Education*. 31, (2). p. 193-232.
- Senge, P.M., 2004. *The Fifth Discipline. The Art and Practice of The Learning Organization*. Doubleday Dell Publishing Group, Inc. New York.
- Shaffer, David. R. 1996. *Development Psychology Childhood and Adolescend*. Brooks / Cole Publishing Company. Georgia.
- Silberberg, M., 2007. *Principles of General Chemistry, 1st Ed*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Solaz-Portolés, J.J., and Lopez, V.S., 2007. Representations in Problem Solving in Science: Directions for Practice. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8, (2). Article 4 (December, 2007)..
- Solso, R.L., Otto H.M., and M. Kimberly. 2008. *Cognitive Psychology*, 8 ed. Pearson Education Inc., United States of America.
- Sopandi dan Murniati. 2007. Microscopic Level Misconceptions on Topic Acid Base, Salt, Buffer, and Hydrolysis: A Case Study at a State Senior High School. *Seminar Proceeding of The First International Seminar of Science Education*., October 27th. 2007. UPI Bandung.
- Stokes, S. 2002. Visual Literacy in Teaching and Learning: A Literature Perspective. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*. 1, No. 1. Tersedia pada <http://ejite.isu.edu/Volume1No1/Stokes.html>. Diakses pada tanggal 22 Juni 2011.
- Strickland, A.M., Adam, K., & Bhattacharyyac, G., 2010. What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 11, p. 293-301.
- Suhandi, A., Wibowo, F.C. 2012. Pendekatan Multipel Representasi dalam Pembelajaran Usaha Energi dan Dampak Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 8. 1-7

- Sunyono, Wirya, I.W., Suyadi, G., dan Suyanto, E., 2009. Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berorientasi Keterampilan Generik Sains pada Siswa SMA di Propinsi Lampung. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I – Dikti*, Jakarta.
- Sunyono, Wirya, I.W., Suyadi, G., dan Suyanto, E., 2010. Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berorientasi Keterampilan Generik Sains pada Siswa SMA di Propinsi Lampung. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun II – Dikti*, Jakarta.
- Sunyono, 2011. Kajian tentang Peran Multipel Representasi Pembelajaran Kimia dalam Pengembangan Model Mental Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Sains*. 15 Januari 2011. Universitas Negeri Surabaya.
- Sunyono, Leny Yuanita, & Muslimin Ibrahim. 2011. Model Mental Mahasiswa Tahun Pertama dalam Mengenal Konsep Stoikiometri (Studi pendahuluan pada pembelajar PS. Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Kimia V*. 6 Juli 2011. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sunyono, 2012. Analisis Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi dalam Membangun Model Mental Stoikiometri Mahasiswa. *Laporan Hasil Penelitian Hibah Disertasi Doktor_2012*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.
- Sunyono, Leny Yuanita, & Muslimin Ibrahim. 2012. Analisis Keterlaksanaan dan Kemenarikan Model Pembelajaran SiMaYang dalam Membangun Model Mental Mahasiswa pada Topik Stoikiometri. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains 2012*. 06 Oktober 2012. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Sunyono. 2014. Model Pembelajaran Kimia Berbasis Multipel Representasi dalam Membangun Model Mental Mahasiswa pada Mata Kuliah Kimia Dasar. *Disertasi*. Program S3 Pendidikan Sains. Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (*tidak dipublikasikan*).
- Sunyono dan Yulianti, D. 2014. Pengembangan Model Pembelajaran Kimia SMA Berbasis Multipel Representasi dalam Menumbuhkan Model Mental dan Meningkatkan Penguasaan Konsep Kimia Siswa Kelas X. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing (Dikti) Tahun I (2014)*. Universitas Lampung.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibahim, M. (2015a). Mental Models of Students on Stoichiometry Concept in Learning by Method Based on Multiple Representation. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 5 (2), 30 – 45.

- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015b). Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts. *Science Education International*. 26 (2), 104-125.
- Suparno, S.J. 1997. *Filsafat Konstruktivisme Dalam Pendidikan*. Penerbit: Kanisius. Yogyakarta.
- Tasker, R. & Dalton, R.. 2006. Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, 141-159.
- Thomas, D., & Seely, J.B., 2011. Cultivating the Imagination: Building Learning Environments for Innovation. *Teachers College Record*, February 17, 2011. p. 1- 2.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G.D., & Mamiala. 2003. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *Int. J. Sci. Educ.*, 25, (11). p. 1353-1368.
- Treagust, D. F. 2008. The Role Of Multiple Representations In Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding And Motivation. In *Yew-Jin And Aik-Ling (Eds). Science Education At The Nexus Of Theory And Practice*. Rotterdam -Taipei : Sense Publishers. p. 7-23.
- Waldrip, B. 2008. Improving Learning Through Use of Representations in Science. *Proceeding The 2nd International Seminar on Science Education*. UPI Bandung.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J., 2010. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Springe Science+Business Media B.V., Instr Sci.* 40. p. 65-80.
- Wang, C.Y., 2007. The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowlwdge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polari. *Dissertation for the Doctor Degree of Philosophy in the Graduate School of the University of Missouri*. Columbia.
- Woolfolk, A. 2008. *Educational Psychology*. Active Learning Edition, 10th Ed. Penerjemah: Helly Prajitno Soetjipto dan Sri Mulyantini Soetjipto. Penerbit: Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Wood, C., 2006. The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, (2). p. 96 - 113.
- Zhang, J., & Norman, D.A. 1994. Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, p. 87-122.
- Zhang, J., Johnson, K. A., Malin, J.T. & Smith, J.W. 2002. Human-Centered Information Visualization. *Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning*. Tübingen. ed. R. Ploetzner. Germany.

GLOSARIUM

Konfigurasi	:	Bentuk/wujud atau susunan/struktur yang dapat menggambarkan sesuatu hal
Konfigurasi Kognitif	:	Struktur/susunan dari kognisi manusia
Model SiMaYang	:	Model pembelajaran dengan empat fase: Orientasi, Eksplorasi - Imajinasi, Internalisasi, dan Evaluasi yang susunan sintaksnya berbentuk layang-layang.
Multipel Representasi	:	Mengungkapkan kembali pengetahuan yang telah diperoleh dengan berbagai cara.
Prinsip Reaksi	:	Berkaitan dengan bagaimana guru/dosen memperhatikan dan memperlakukan peserta didik, memberikan respon terhadap pertanyaan, jawaban, tanggapan, atau apa yang dilakukan peserta didik.
Representasi	:	Mengungkapkan kembali pengetahuan yang telah diperoleh.
Representasi (Sub) mikroskopik	:	Representasi yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level mikro terhadap fenomena makroskopik yang diamati
Representasi Makroskopik	:	Representasi melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari peserta didik.

Representasi Simbolik	: Representasi secara kualitatif dan kuantitatif, misalnya rumus kimia, simbol, diagram, gambar, persamaan, dan perhitungan-perhitungan matematik.
Sintaks Pembelajaran	: Tahap-tahap pembelajaran yang meliputi aktivitas guru/dosen dan aktivitas siswa dalam pembelajaran.
Sistem Sosial	: Peran peserta didik dan guru/dosen, yaitu hubungan antara dosen dan mahasiswa yang disarankan dari model pembelajaran tertentu.
Struktur Kognitif	: Mental framework yang dibangun seseorang dengan mengambil informasi dari lingkungan & menginterpretasikannya, mereorganisasikannya serta mentransformasikannya
Tingkat Perkembangan Aktual	: Tampak dari kemampuan anak menyelesaikan tugas-tugas secara mandiri.
Tingkat Perkembangan Potensial	: Tampak dari kemampuan anak menyelesaikan tugas atau memecahkan masalah dengan bantuan orang dewasa.
Zona Aktif	: Suatu bagian dari kelompok peserta didik yang aktif belajar sesuai harapan.
Zona Pasif	: Lawan dari zona aktif
Zone of proximal development atau ZPD (zona perkembangan proksimal).	: Zona antara tingkat perkembangan aktual dan tingkat perkembangan potensial.