

EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MULTIPLE REPRESENTASI DALAM MEMBANGUN MODEL MENTAL MAHASISWA TOPIK STOIKIOMETRI REAKSI

Oleh

Sunyono¹⁾, Leny Yuanita²⁾, Muslimin Ibrahim²⁾

¹⁾Prodi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung dan Mahasiswa Program S3 Pendidikan Sains Universitas Negeri Surabaya (sunyono_ms@yahoo.com).

²⁾Pendidikan Sains Fakultas Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (Email: yuanita@sby.dnet.net.id, dan muslimin_ibrahim@yahoo.com).

ABSTRACT

Issues examined in this study is whether learning by using multiple representations model (named SiMaYang) more effective in build mental models than conventional learning? The design in this study is a pretest and posttest control group design. The population in this study was students of Department of Mathematics and Science Education at the Teacher Training and Education of Lampung University at odd semester 2012/2013. The research sample taken randomly by stratified random sampling technique to obtain the experimental and control classes. The results of the research show that (1) *SiMaYang* learning model more effective in building student mental models compared to learning model that has been used by basic chemistry lecturers. (2) Implementation of *SiMaYang* learning model was able to build student mental models in learning of stoichiometry topic. (3) After the implementation of *SiMaYang* model, student mental models on the topic of stoichiometry formed by the categories of "good" and "very good", with the characteristics of "consensus" and "target". Findings indicated that *macro-submicro-symbolic* teaching by used *SiMaYang* model could be enhancing student mental models and learning effectivity of chemical reactions. Implications for instruction are clearly addressed in the discussion and recommended that *SiMaYang* learning model can be used as an alternative model of effective and efficient learning in developing a high level of understanding.

Keyword: *mental models, multiple representation, SiMaYang*

PENDAHULUAN

Berdasarkan karakteristik materi kimia dengan tiga level fenomena kimia (makro, sub-mikro, dan simbolik), pembelajaran kimia hendaknya lebih ditekankan pada tiga level representasi tersebut (Johnstone, 2006). Pemahaman seseorang terhadap kimia ditentukan oleh kemampuannya dalam mentransfer dan menghubungkan fenomena makro, sub-mikro, dan simbolik. Kunci pokok dalam pemecahan masalah adalah pada kemampuan merepresentasikan fenomena kimia pada level sub-mikroskopik (Treagust, *et al.*, 2003). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakmampuan peserta

didik dalam merepresentasikan fenomena kimia pada level sub-mikro ternyata dapat menghambat kemampuan dalam memecahkan masalah-masalah kimia yang berkaitan dengan fenomena baik makroskopik maupun simbolik (Kozma & Rusell, 2005; dan Chandrasegaran, *et al.*, 2007). Di samping itu, umumnya peserta didik bahkan pada peserta didik yang performansnya bagus dalam ujian mengalami kesulitan dalam memahami kimia akibat ketidakmampuannya dalam memvisualisasikan struktur dan proses pada level sub-mikroskopik dan tidak mampu menghubungkannya dengan level representasi kimia yang lain (Treagust, 2008).

Hasil penelitian di Propinsi Lampung (Sunyono, dkk., 2011) menunjukkan bahwa materi stoikiometri merupakan salah satu materi yang dianggap cukup sulit oleh mahasiswa. Pembelajaran kimia yang berlangsung selama ini ternyata lebih banyak merepresentasikan dua fenomena, yaitu makroskopis dan simbolis atau matematis, level sub-mikroskopis tidak disentuh sama sekali. Peran ketiga level fenomena kimia dalam pembelajaran kurang mendapat perhatian, sehingga mahasiswa mengalami kesulitan dalam mentransfer pengetahuan melalui interkoneksi antara satu level ke level yang lain. Akibatnya mahasiswa tidak mudah dalam memperoleh pengetahuan konseptual yang diperlukan dalam memecahkan masalah. Pengetahuan konseptual merupakan salah satu bagian esensial yang harus dimiliki oleh mahasiswa ketika mempelajari kimia yang harus tersimpan dalam memori jangka panjang dan mudah untuk diakses kembali. Agar pengetahuan yang diperoleh mahasiswa masuk ke dalam memori jangka panjang, mahasiswa harus didorong untuk menggunakan model mentalnya dalam menghubungkan ketiga level fenomena kimia tersebut (McBroom, 2011). Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mahasiswa selalu mengalami kesulitan dalam memberikan eksplanasi tentang representasi sub-mikro berdasarkan representasi makroskopis dan simbolis. Mahasiswa cenderung lebih banyak menggunakan transformasi level makroskopis ke simbolis, namun tidak mampu dalam mentransformasikan dari level makroskopis dan simbolis ke level sub-mikroskopis (Devetak, *et al.*, 2009, dan Davidowitz, *et al.*, 2010). Hal ini disebabkan pengetahuan yang diperoleh dan masuk ke memori sulit untuk diakses kembali atau pengetahuan itu sulit memasuki memori jangka panjang.

Kesulitan-kesulitan mahasiswa dalam mentransformasikan ketiga level fenomena kimia tersebut disebabkan belum dilatihnya mereka dalam belajar dengan representasi level sub-mikro. Pembelajaran Mata Kuliah Kimia Dasar yang berlangsung selama ini cenderung memisahkan ketiga level fenomena kimia (Sunyono, dkk., 2011). Dalam hal ini, Devetak, *et al.* (2009) menemukan bahwa mahasiswa yang tidak di latih dengan representasi eksternal akan mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan struktur sub-mikro dari suatu molekul. Oleh sebab itu, pembelajaran kimia sebaiknya dilakukan dengan melibatkan tiga level fenomena kimia untuk mengembangkan model mentalnya mahasiswa. Salah satu model pembelajaran tersebut adalah model pembelajaran berbasis multipel representasi yang dinamakan model *SiMaYang* (Sunyono, dkk., 2012). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran berbasis multipel representasi (*SiMaYang*) yang telah dikembangkan dalam membangun model mental mahasiswa.

METODE PENELITIAN

Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah mahasiswa Jurusan PMIPA angkatan 2012 yang dipilih dengan teknik *stratified random sampling*. Sampel diambil secara acak dari mahasiswa angkatan 2012 Jurusan PMIPA dengan cara setiap mahasiswa pada Program Studi Pendidikan Matematik, Fisika, Kimia, dan Biologi dikelompokkan berdasarkan hasil pretes menjadi kelompok tinggi, sedang, dan rendah. Selanjutnya masing-masing kelompok (tinggi, sedang, dan rendah) diambil 3 orang mahasiswa secara acak, untuk mendapatkan 1 kelas sampel sebagai kelas eksperimen dan 1 kelas sampel sebagai kelas kontrol. Jumlah mahasiswa pada sampel sesuai dengan Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rincian Jumlah Mahasiswa pada Sampel Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.

Program Studi	Kemampuan awal mahasiswa			Jumlah
	Tinggi	Sedang	Rendah	
Pendidikan Matematika	3	3	3	9
Pendidikan Fisika	3	3	3	9
Pendidikan Kimia	3	3	3	9
Pendidikan Biologi	3	3	3	9
Jumlah	12	12	12	36

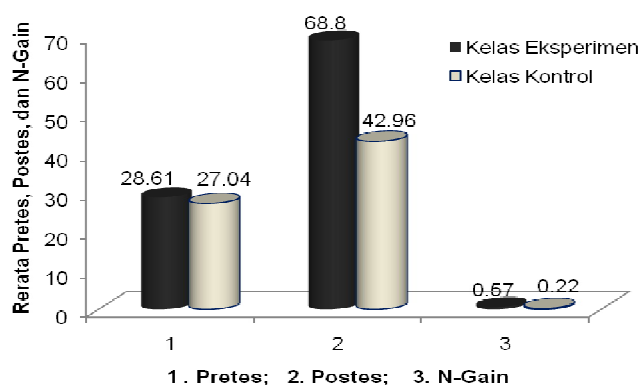
Desain Penelitian dan Analisis Data

Desain yang digunakan adalah *control group pretest and posttest design*. Desain penelitian ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan peningkatan model mental Stoikiometri mahasiswa antara mahasiswa yang pembelajarannya menggunakan model *SiMaYang* dengan mahasiswa yang perkuliahannya menggunakan model konvensional. Model mental mahasiswa diukur dengan menggunakan tes berbentuk uraian dan rubrik yang dilengkapi dengan wawancara. Tes model mental dilakukan terhadap kelas eksperimen dan kelas kontrol baik sebelum maupun sesudah pembelajaran. Analisis dilakukan secara deskriptif dan analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif dilakukan melalui analisis inferensial dengan uji statistik. Data tentang model mental ditentukan melalui skor N-Gain yang dicapai mahasiswa yaitu selisih antara skor *posttest* dan *pretest* (Hake, 2002). Selanjutnya dilakukan analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan adalah analisis inferensial menggunakan analisis varians (ANOVA) dua jalur dan uji – t perbedaan rata-rata dua sampel independen. Perhitungan statistiknya menggunakan bantuan program SPSS v. 17.0.

HASIL PENELITIAN

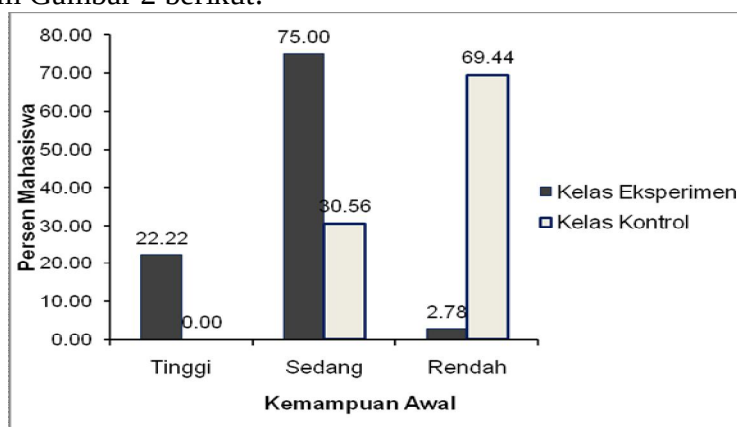
a. Data Rerata Pretes, Postes, dan N-Gain model mental mahasiswa

Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi peningkatan skor model mental antara sebelum dan sesudah pembelajaran baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol (Gambar 1). Peningkatan skor ini menghasilkan N-Gain model mental dengan kategori sedang pada kelas eksperimen (rerata N-Gain = 0,57) dan kategori rendah pada kelas kontrol (rerata N-Gain = 0,22).



Gambar 1. Pretes, Postes, dan N-Gain untuk Model Mental Mahasiswa.

Perbedaan pencapaian model mental antara kelas eksperimen dan kontrol juga dapat dilihat dari sebaran mahasiswa yang dapat mencapai model mental dengan kategori tertentu (sangat baik, baik, sedang, buruk, dan buruk sekali) berdasarkan kemampuan awal mahasiswa (tinggi, sedang, dan rendah) sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Sebaran N-Gain Model Mental Stoikiometri Mahasiswa Berdasarkan Kemampuan Awal

Untuk melihat seberapa besar kepercayaan (taraf signifikansi) perbedaan model mental mahasiswa, dilakukan analisis statistik Anova 2 jalur dengan taraf signifikansi 0,05. Hipotesis yang akan diuji dalam analisis ini adalah

- H_{01} : tidak terdapat perbedaan N-Gain model mental antar kelompok mahasiswa berdasarkan perbedaan model pembelajaran.
- H_{02} : tidak terdapat perbedaan N-Gain model mental antar kelompok mahasiswa berdasarkan perbedaan kemampuan awal mahasiswa.
- H_{03} : tidak terdapat interaksi yang signifikan antara model pembelajaran dengan kemampuan awal mahasiswa dalam pencapaian model mental.

Hasil analisis statistik Anova 2 jalur dicantumkan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Anova 2 Jalur N-Gain Model Mental Stoikiometri Mahasiswa Berdasarkan Faktor Kemampuan Awal dan Model Pembelajaran.

Faktor	N-Gain Model Mental Stoikiometri		
	F	p	Ho
Model Pembelajaran	467,714	0,000	Ditolak
Kemampuan Awal	0,504	0,607	Diterima
Interaksi	0,459	0,634	Diterima

Berdasarkan hasil analisis statistik anova dua jalur sebagaimana Tabel 2 untuk pengaruh model pembelajaran diperoleh $p < 0,05$ dan $F_{hit} > F_{tabel}$ ($F_{tabel} = 3,132$) yang berarti H_{01} ditolak dan untuk pengaruh kemampuan awal mahasiswa dan interaksi diperoleh $p > 0,05$ dan $F_{hit} < F_{tabel}$ yang berarti H_{02} dan H_{03} diterima. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa

- Terdapat perbedaan rerata N-Gain model mental antar kelompok mahasiswa berdasarkan perbedaan model pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan model pembelajaran pada kedua kelas (kelas eksperimen dan kontrol) memberikan pengaruh terhadap pencapaian N-Gain model mental mahasiswa.
- tidak terdapat perbedaan rerata N-Gain model mental mahasiswa antar kelompok berdasarkan kemampuan awal. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan kemampuan awal mahasiswa tidak memberikan pengaruh terhadap pencapaian N-Gain model mental mahasiswa.
- tidak ada interaksi yang signifikan antara model pembelajaran dengan kemampuan awal mahasiswa dalam pencapaian model mental. Hal ini menunjukkan bahwa kedua faktor, yaitu faktor kemampuan awal dan model pembelajaran saling bebas dalam memberikan pengaruh terhadap pencapaian N-Gain model mental mahasiswa.

Dari hasil Anova tersebut selanjutnya diuji lebih lanjut terhadap pencapaian model mental mahasiswa berdasarkan faktor perbedaan model pembelajaran dan tingkat kemampuan awal melalui uji komparasi ganda (uji – t). Hipotesis (H_0) yang diuji adalah tidak terdapat perbedaan rerata N-Gain model mental mahasiswa antara mahasiswa yang belajarnya dengan model *SiMaYang* dan mahasiswa yang belajarnya dengan model konvensional pada tingkat kemampuan awal yang sama. Hasil analisis uji-t terhadap rerata N-Gain model mental mahasiswa secara ringkas dicantumkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Uji-t Perbedaan Rerata N-Gain Model Mental Stoikiometri Mahasiswa Diantara Dua Model Pembelajaran pada Masing-Masing Kemampuan Awal

Pasangan	t	Sig (2-tailed)
<i>SiMaYang</i> Tinggi – Konvensional Tinggi	7,496	0,000
<i>SiMaYang</i> Sedang – Konvensional Sedang	3,439	0,006
<i>SiMaYang</i> Rendah – Konvensional Rendah	5,886	0,000

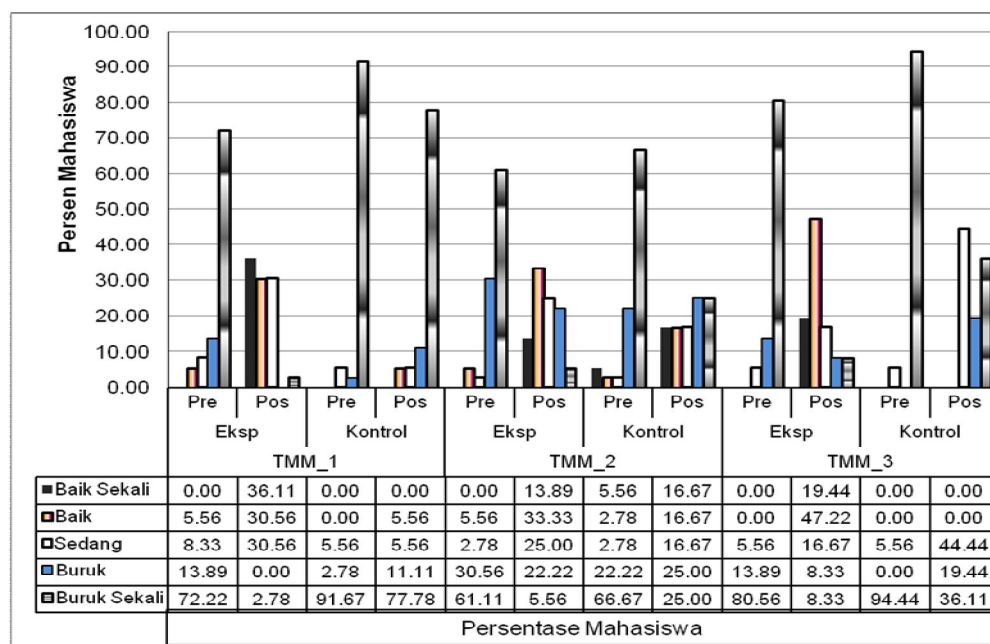
Berdasarkan Tabel 3 tersebut, terlihat bahwa capaian rerata N-Gain model mental mahasiswa untuk semua kelompok kemampuan awal diperoleh nilai *sig* (2-tailed) yang lebih kecil dari 0,05 dan $t_{hitung} > t_{tabel}$ (1,796), sehingga H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata N-Gain model mental yang signifikan antara mahasiswa yang diajar dengan menggunakan model *SiMaYang* dan mahasiswa yang diajar dengan menggunakan model konvensional pada tingkat kemampuan awal yang sama. Bila dilihat dari Gambar 1 dan Gambar 2, nampak bahwa untuk setiap kelompok kemampuan awal, rerata N-Gain model mental mahasiswa yang diajar dengan menggunakan model *SiMaYang* lebih tinggi dibandingkan dengan rerata N-Gain model mental mahasiswa yang diajar dengan menggunakan model konvensional. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang* dapat menghasilkan model mental mahasiswa yang lebih baik daripada pembelajaran dengan menggunakan model yang selama ini digunakan dosen kimia dasar (model konvensional) untuk setiap kelompok kemampuan awal mahasiswa.

b. Analisis deskriptif model mental mahasiswa

Pertanyaan-pertanyaan untuk tes model mental (TMM) mahasiswa pada Topik Stoikiometri menuntut mahasiswa untuk menggunakan model mentalnya dalam menginterpretasikan gambar visual sub-mikro dari suatu reaksi sederhana dengan reaktan dan produk disediakan dalam kotak, di samping itu mahasiswa juga dituntut untuk mampu menggambar produk yang dihasilkan dari suatu reaksi dan mentransformasikannya ke dalam hitungan kimia. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dituangkan dalam tes model mental dengan kode TMM_1, TMM_2, dan TMM_3. Hasil analisis deskriptif terhadap respon mahasiswa atas pertanyaan pada tes model mental tersebut untuk kelas eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.

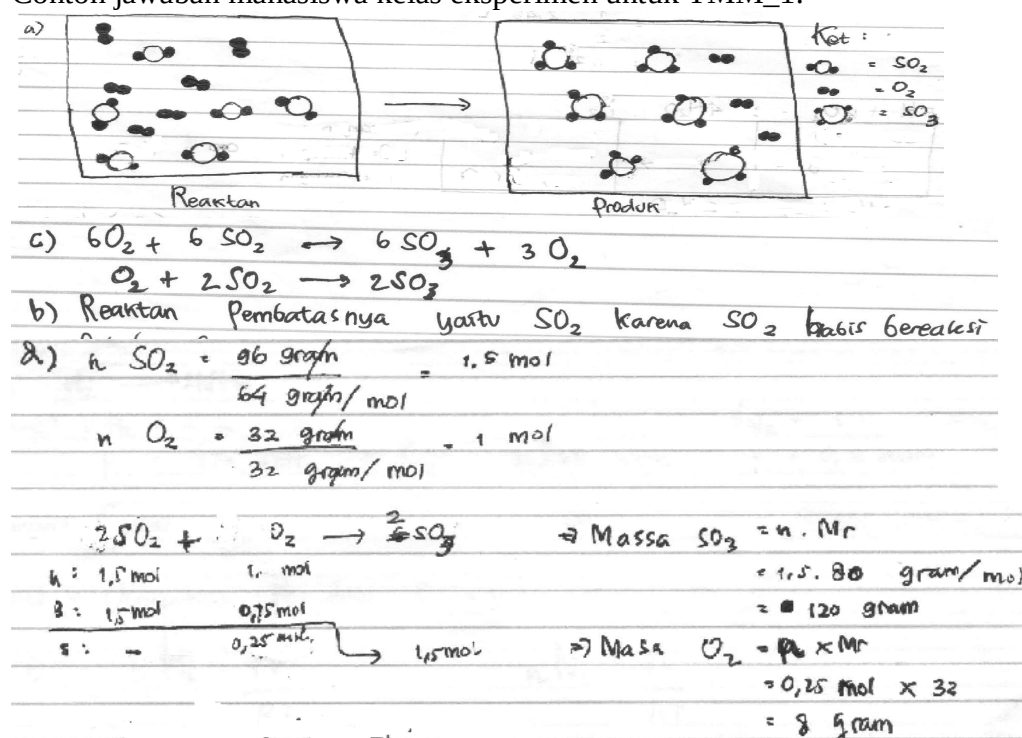
Pada kelas eksperimen (Gambar 3.) terlihat bahwa setelah pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaYang*, persentase mahasiswa dengan model mental baik sekali dan baik berturut-turut adalah 36,11 % dan 30,56 % untuk TMM_1, 13,89% dan 33,33% untuk TMM_2, serta 19,44% dan 47,22% untuk TMM_3, sedangkan lainnya memiliki model mental yang buruk sekali (2,78% untuk TMM_1; 5,56% untuk TMM_2; dan 8,33% untuk TMM_3). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan model mental antara sebelum dan sesudah pembelajaran dengan model *SiMaYang* terlihat cukup tinggi. Sebelum pembelajaran dengan model *SiMaYang*, model mental mahasiswa berada pada kategori buruk dan buruk sekali, tetapi setelah pembelajaran dengan model *SiMaYang*, model mental mahasiswa meningkat menjadi sedang, baik, dan baik sekali.

Pada kelas kontrol (Gambar 3), peningkatan model mental mahasiswa cukup rendah. Sebelum pembelajaran, model mental mahasiswa berada pada kategori buruk sekali (sebanyak 91,67 % untuk TMM_1, 66,67% untuk TMM_2, dan 94,44% untuk TMM_3) dan setelah pembelajaran dengan model konvensional, model mental mahasiswa masih tetap berada pada kategori buruk sekali, hanya persentase mahasiswanya saja yang menurun (sebanyak 77,78% untuk TMM_1, 25,00% untuk TMM_2, dan 36,11% untuk TMM_3). Perbedaan tersebut juga dapat dilihat pada contoh jawaban mahasiswa di bawah ini.



Gambar 3. Sebaran Perolehan Model Mental Mahasiswa dengan Kategori Tertentu.

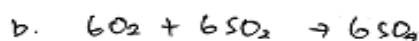
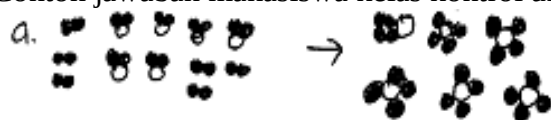
Contoh jawaban mahasiswa kelas eksperimen untuk TMM_1:



Berdasarkan jawaban mahasiswa kelas eksperimen tersebut, terlihat bahwa setelah pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang*, mahasiswa sudah mampu

melakukan transformasi dari makro (fenomena reaksi) ke sub-mikro dan simbolik, yaitu dengan melakukan imajinasi terhadap proses reaksi dalam skala laboratorium kemudian menyusun gambar produk yang terjadi berdasarkan hasil imajinasinya dan menuliskan secara simbolik ke dalam persamaan reaksi setara. Pada kelas kontrol, mahasiswa mengalami kesulitan dalam membuat transformasi fenomena kimia dari sub-mikroskopis ke makroskopis dan simbolik atau sebaliknya. Kesulitan tersebut dapat dilihat pada contoh jawaban mahasiswa kelas kontrol terhadap pertanyaan TMM_1 berikut:

Contoh jawaban mahasiswa kelas kontrol untuk TMM_1:

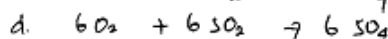
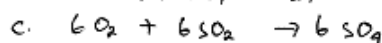


M 0,1875 0,09375

r -0,09375 -0,09375 +0,09375

S 0,09375 ~~0,09375~~ 0,09375

Reaktan pembatasnya adalah SO_2 , karena habis bereaksi (mol, dibagi koefisiennya, dan hasilnya terkecil dibandingkan O_2)



M 1 1,5

r -1 -1 +1

S - 0,5 1

Massa $\text{SO}_3 = \text{mol} \times \text{Mr } \text{SO}_3$
 $= 1 \text{ mol} \times 96 \text{ g/mol}$
 $= 96 \text{ g}$

Massa $\text{SO}_2 \text{ (sisa)} = \text{mol (sisa)} \times \text{Mr } \text{SO}_2$
 $= 0,5 \text{ mol} \times 64 \text{ g/mol}$
 $= 32 \text{ g}$

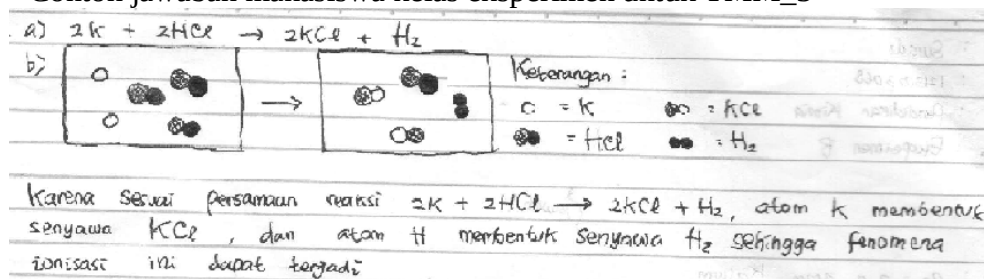
Pada TMM_1, persamaan reaksi yang ditulis langsung dari gambar visual adalah $6\text{SO}_2 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{SO}_3 + 3\text{O}_2$, dan persamaan reaksi setaranya adalah $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$. Namun, pada kelas kontrol, mayoritas mahasiswa tidak mampu membaca gambar sub-mikro, sehingga tidak mampu membuat transformasi dari sub-mikro ke simbolik dan ke makro dengan menuliskan persamaan reaksi dan perhitungan yang tepat.

Hasil yang berbeda terdapat pada analisis terhadap jawaban mahasiswa atas pertanyaan TMM_2. Pertanyaan TMM_2 merupakan pertanyaan yang bersifat verbal (hanya teks dan simbolik saja). Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan model mental antara mahasiswa kelas eksperimen dengan mahasiswa kelas kontrol tidak terlihat jelas perbedaannya. Hasil uji statistik untuk membuktikan hal tersebut juga menunjukkan bahwa pada soal TMM_2, rerata N_Gain model mental mahasiswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berbeda secara signifikan. Hasil analisis ini

memberikan informasi bahwa bila pertanyaan pada soal tes bersifat verbal (teks saja) dan hanya menekankan perhitungan matematis atau algoritmanya saja, pembelajaran secara konvensional dan pembelajaran yang didasarkan pada multipel representasi akan menghasilkan kemampuan dalam menjelaskan fenomena makroskopis yang tidak berbeda.

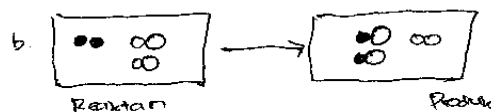
Hasil analisis terhadap jawaban mahasiswa atas pertanyaan TMM_3 juga memberikan informasi yang sama dengan TMM_1, dimana mahasiswa telah mampu melakukan transformasi diantara ketiga level fenomena kimia. Pertanyaan pada TMM_3 adalah pertanyaan yang meminta mahasiswa melakukan imajinasi terhadap fenomena makroskopis dari reaksi antara kalium dengan larutan HCl berlebih. Perbedaan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dapat dilihat dari jawaban mahasiswa sebagaimana contoh berikut.

Contoh jawaban mahasiswa kelas eksperimen untuk TMM_3



Pada kelas eksperimen, model mental mahasiswa yang berada pada kategori baik dan baik sekali telah mampu membuat gambaran sub-mikroskopis dari reaksi antara kalium dengan HCl berlebih dengan merepresentasikan gambar molekul reaktan dan produk secara tepat. Dimana pada reaktan digambar-kan molekul HCl tidak hanya 2 molekul sebagaimana koefisien reaksi yang ditulis oleh mahasiswa, tetapi dilebihkan satu, karena pernyataan dalam soal disebutkan bahwa HCl-nya berlebih, sehingga pada produkpun akan terdapat HCl sisa pada gambar sub-mikroskopis yang dibuat mahasiswa. Namun, mahasiswa tidak menyadari bahwa HCl dalam larutannya akan berada dalam bentuk ion H^+ dan ion Cl^- , demikian pula KCl dalam larutannya juga terionisasi menjadi ion K^+ dan ion Cl^- . Dengan demikian, seharusnya gambar yang dibuat mahasiswa menunjukkan adanya ion H^+ , ion Cl^- dan logam K pada reaktan, sedangkan pada produk menunjukkan adanya ion K^+ , ion Cl^- , dan gas H_2 sebagai hasil reaksi. Walaupun demikian, daya imajinasi mahasiswa dengan penggambaran molekul-molekul yang bereaksi dan produk hasil reaksi sudah lebih baik dibandingkan mahasiswa kelas kontrol. Pada kelas kontrol, terlihat bahwa mahasiswa kesulitan dalam membuat interkoneksi diantara ketiga level fenomena kimia. Mahasiswa tidak mampu melakukan imajinasi dalam membaca fenomena yang diberikan pada TMM_3.

Contoh jawaban mahasiswa kelas kontrol untuk TMM_3:



pada reaktan terdapat proses penggabungan antara kalium dan asam klorida di dalam ruangan tertentu, sehingga pada produk, menghasilkan senyawa kalium klorida dan gas hidrogen.

Contoh jawaban mahasiswa kelas kontrol tersebut merupakan gambaran mahasiswa yang memiliki model mental dengan kategori sedang. Dalam hal ini, sebenarnya mahasiswa telah memiliki kemampuan dalam membuat transformasi dari makroskopis dan simbolis ke sub-mikroskopis, tetapi mahasiswa tidak menyadari atau bahkan tidak memiliki pemahaman yang cukup tentang istilah reaktan berlebih. Reaksi pada TMM_3 yang seharusnya ditulis mahasiswa bila memahami istilah reaktan berlebih adalah $2K + 3HCl \rightarrow 2KCl + H_2 + HCl$, berarti masih ada sisa HCl, tetapi reaksi setaranya $2K + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2$. Kemampuan membuat interkoneksi seperti ini memerlukan latihan-latihan, tetapi pembelajaran pada kelas kontrol tidak menekankan pada latihan imajinasi untuk mengeksplanasi fenomena reaksi melalui gambar visual dalam skala sub-mikroskopis. Jadi ketidak-mampuan mahasiswa kelas kontrol diakibatkan karena pembelajarannya yang masih bersifat verbalistik.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model mental mahasiswa telah terbentuk dengan baik. Sebelum penerapan pembelajaran pada kelas eksperimen, model mental mahasiswa berada pada kategori “buruk sekali”, namun setelah pelaksanaan pembelajaran dengan model *SiMaYang*, model mental mahasiswa meningkat menjadi berkategori sedang, baik, dan baik sekali. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jaber and BouJaoude (2012) yang melaporkan bahwa pada awal penelitian, mayoritas mahasiswa menunjukkan kesulitan yang berhubungan dengan interpretasi dan transformasi diantara fenomena makro, sub-mikro, dan simbolik dalam memecahkan masalah kimia. Setelah pembelajaran (penelitian), mahasiswa dari kelompok eksperimen dengan profil model mental “tinggi” menunjukkan pemahaman di level sub-mikro yang lebih maju daripada mahasiswa kelompok kontrol. Selain itu, mahasiswa kelas eksperimen menunjukkan tingkat kecanggihan yang lebih baik dalam membuat gambar sub-mikro tentang reaksi kimia dan mengkomunikasikannya secara tertulis dan lisan daripada kelompok kontrol. Terbentuknya model mental mahasiswa tersebut menunjukkan adanya peningkatan kemampuan mahasiswa dalam memahami representasi makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik, serta mampu melakukan interpretasi dan transformasi di antara ketiga level fenomena-fenomena kimia sebagaimana yang dilaporkan oleh Chittleborough & Treagust (2007), Coll (2008), Devetak, *et al.* (2009), dan Davidowizth, *et al.* (2010).

Berdasarkan analisis statistik dan deskriptif tentang model mental mahasiswa di atas, terlihat bahwa model mental mahasiswa terhadap stoikiometri reaksi kimia dengan berbagai variasi pertanyaan mulai dari interpretasi sampai pada transformasi dari verbal

ke simbolik, maupun dari verbal ke visual (diagram sub-mikro) atau sebaliknya menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang sangat tinggi antara model mental mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran dengan model *SiMaYang*. Di samping itu, terdapat perbedaan yang signifikan antara model-model mental mahasiswa yang pembelajarannya menggunakan model *SiMaYang* dengan model-model mental mahasiswa yang pembelajarannya secara konvensional yang lebih menekankan pada penanaman konsep secara verbal. Dengan demikian, sangat wajar bila pada kelas kontrol, model mental mahasiswa tidak terbangun dengan baik, karena mahasiswa tidak dilatih menginterpretasi, mengeksplanasi, atau mentransformasi representasi eksternal sub-mikroskopis ke makroskopis dan simbolis atau sebaliknya. Representasi eksternal submio ini sangat diperlukan dalam menjelaskan fenomena reaksi yang terjadi, karena pemahaman yang mendalam mengenai stoikiometri memerlukan lebih dari sekedar kemampuan untuk mengikuti suatu algoritma saja atau hitungan saja (Ben-Zvi, *et al.*, 1987), tetapi juga kemampuan menerjemahkan simbol-simbol dan menjelaskan fenomena reaksi yang sebenarnya terjadi dalam skala molekul.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa model pembelajaran *SiMaYang* dapat dijadikan alternatif model pembelajaran untuk melatih mahasiswa dalam menginterkoneksi ketiga level representasi fenomena kimia. Dalam pembelajaran, mahasiswa tidak hanya belajar menggunakan algoritma saja, tetapi juga belajar memahami fenomena reaksi di tingkat molekuler melalui imajinasi mereka. Pembelajaran kimia yang hanya fokus pada pemahaman terhadap algoritma saja, akan menghasilkan pemahaman yang dangkal (Dahsah dan Coll, 2008). Dengan demikian, peran imajinasi dalam pembelajaran kimia menjadi sangat penting, sebab melalui imajinasi keterampilan dan kreativitas mahasiswa dapat ditingkatkan (Thomas, & Seely, 2011., dan Haruo, *et al.* 2009).

Kemampuan mahasiswa kelas eksperimen dalam menerjemahkan gambar sub-mikroskopis tersebut dan mentransformasikan ke dalam skala simbolik menunjukkan bahwa pembelajaran dengan melibatkan fase eksplorasi – imajinasi dapat menumbuhkan daya imajinasi mahasiswa, karena dalam proses pembelajaran yang berlangsung mahasiswa dilatih dan dibiasakan dalam melakukan interpretasi dan transformasi level-level representasi kimia. Dengan latihan yang terus menerus, mahasiswa 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 mahasiswa dapat tumbuh dan berkembang (Haruo, *et al.*, 2009), sebagaimana ditunjukkan dengan kemampuan mahasiswa dalam membuat gambar sub-mikro hasil reaksi dalam soal TMM_1, TMM_2, dan TMM_3. Beberapa hasil penelitian di luar negeri juga menunjukkan hasil yang serupa, yaitu ada perbedaan tingkat penguasaan materi pembelajaran antara mahasiswa yang mampu membangun model mental yang baik dengan mahasiswa yang tidak mampu membangun model mental (Wang, 2007, McBroom, 2011, dan Jaber and BouJaoude, 2012).

Hasil analisis terhadap jawaban atas tes model mental tersebut dapat dikatakan bahwa perkuliahan Kimia Dasar dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaYang*

dapat menumbuhkan model mental mahasiswa yang lebih baik dibanding perkuliahan Kimia Dasar dengan model konvensional. Model mental kelas eksperimen, setelah pembelajaran sudah memasuki level sub-mikro dan merupakan model mental konsensus dan target (Coll & Treagust, 2003). Walaupun pada kelas eksperimen, model mental mahasiswa setelah pembelajaran dengan model *SiMaYang* lebih baik daripada kelas kontrol, namun beberapa mahasiswa masih memiliki model mental dalam kategori sedang. Mahasiswa tersebut sebenarnya telah mampu melakukan interpretasi terhadap gambar sub-mikroskopis, tetapi transformasi gambar sub-mikroskopis reaksi kimia ke simbolik tidak tepat. Mahasiswa dengan model mental kategori sedang tersebut, telah mampu menuliskan persamaan reaksi langsung dengan membaca gambar sub-mikro, tetapi tidak menyelesaikannya ke persamaan reaksi yang setara atau sebaliknya menuliskan persamaan reaksi setara, tetapi tidak dimulai dari membaca langsung gambar sub-mikro. Pada kelas kontrol terjadi sebaliknya, setelah pembelajaran model mental mahasiswa masih didominasi oleh model yang bersifat makro dan verbal, sehingga masih berada pada model mental alternatif (Coll & Treagust, 2003). Hal ini disebabkan mayoritas mahasiswa kelas kontrol belum memiliki kemampuan dalam melakukan interpretasi dan transformasi terhadap representasi eksternal sub-mikroskopis. Mayoritas mahasiswa kelas kontrol tidak dapat menjawab dengan baik pertanyaan-pertanyaan pada soal tes model mental.

Kesulitan yang dialami mahasiswa disebabkan selama mereka belajar kimia dibangku sekolah menengah, tidak pernah berlatih melakukan interpretasi dan transformasi fenomena representasi eksternal sub-mikroskopis, sehingga ketika dihadapkan soal-soal berupa gambar-gambar sub-mikro, mahasiswa merasa asing dengan representasi eksternal sub-mikro. Namun, setelah perkuliahan dengan menggunakan model pembelajaran *SiMaYang*, kesulitan tersebut dapat diatasi oleh mahasiswa. Hal ini terungkap ketika dilakukan wawancara dengan 3 (tiga) orang mahasiswa. Catatan di bawah merupakan transkrip wawancara kepada 3 orang mahasiswa untuk soal TMM_3 setelah pelaksanaan pembelajaran dengan model *SiMaYang*. Dalam hal ini P = pewawancara, M1 = mahasiswa 1 dengan kemampuan awal tinggi, M2 = mahasiswa 2 dengan kemampuan awal sedang, dan M3 = mahasiswa 3 (kemampuan awal rendah).

P : *Apakah Anda bisa menjawab soal No.1? coba jelaskan...!*

M1: *Saya tidak bisa menjawab, saya hanya mencoba menjawab seperti ini (sambil menunjuk jawabannya). Mungkin caranya 2 atom O digabung kesini dan 2 atom O lainnya digabung kesini (sambil menunjuk ke arah O₂ dan SO₂), hasilnya SO₄. Semua reaktan awal digabung semua.*

M2: *Saya hanya menjawab reaksinya saja. Untuk gambar, saya tidak tahu harus menggambar produk seperti apa.*

M3: *Saya menjawab seperti itu (sambil menunjuk jawaban-nya), perkiraan saja. Gambar produknya seperti itu ada SO, dan ada O₂.*

P : *Mengapa gambar Anda seperti itu?*

M1: *Karena dalam pikiran saya, semua reaktan digabungkan menjadi satu*

M3: *Karena menurut saya, molekul sejenis itu akan tolak menolak.*

- P : *Bagaimana Anda bisa menuliskan persamaan reaksi?*
M1: *Saya berfikir semua reaktan digabung semua sampe habis.*
M2: *Hanya berdasarkan pengetahuan yang masih saya ingat kalo SO_2 direaksikan dengan O_2 hasilnya SO_3 .*
M3: *Apa ya, bingung sih saya....* (tidak menjawab)
P : *Apa kesulitan Anda?*
M1: *Saya sulit pak membaca gambar, apalagi disuruh menggambar molekul, karena waktu di SMA dulu, latihan-latihan yang diberikan hanya teks saja... begini... begini... lalu disuruh menghitung.*
M2: *Saya tidak paham dengan gambar, bagaimana membaca-nya, ada 6 SO_2 dan ada 6 O_2 , terus berapa SO_3 yang diperoleh.*
M3: *Kesulitan saya, tidak paham dengan gambar itu... karena selama ini tidak pernah diberi soal untuk latihan dengan gambar-gambar molekul seperti itu.*

Hasil wawancara pada tiga orang mahasiswa yang dipilih secara acak dari kelas eksperimen menunjukkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang* dapat membantu mahasiswa dalam melakukan interkoneksi diantara ketiga level fenomena kimia. Dengan demikian, kemampuan mahasiswa dalam melakukan interpretasi terhadap representasi sub-mikro dan transformasi fenomena sub-mikro ke makro dan simbolik atau sebaliknya dapat ditingkatkan. Peningkatan kemampuan mahasiswa tersebut menumbuhkan model mental mahasiswa dari model mental alternatif sebelum pembelajaran meningkat ke model mental konsensus dan model mental target (Coll & Treagust, 2003).

Temuan-temuan dalam penelitian ini sejalan dengan penelitian beberapa peneliti sebelumnya. Coll (2008) menyatakan bahwa kemampuan peserta didik untuk mengoperasikan atau menggunakan model mental mereka dalam rangka menjelaskan peristiwa-peristiwa yang melibatkan penggunaan model visual, dapat ditingkatkan melalui latihan menginterpretasikan gambar visual sub-mikro dalam pembelajaran yang melibatkan 3 level fenomena kimia. Devetak, *et al* (2009) menemukan bahwa peserta didik yang telah di latih dengan representasi eksternal sub-mikro akan lebih mudah dalam menginterpretasikan struktur sub-mikro dari suatu molekul, sehingga pemahaman akan fenomena reaksi kimia akan meningkat. Selanjutnya Jaber & BouJaoude (2012) bahwa profil model mental dari kelompok kontrol memiliki karakteristik berupa representasi yang masih dalam level makroskopik dan tingkat sub-mikronya masih membingungkan. Demikian pula, Wang & Barrow (2013) melaporkan bahwa mahasiswa dengan skor model mental moderat (sedang) dan rendah sangat sulit dalam membuat visualisasi fenomena submikroskopis peristiwa kimia.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model pembelajaran *SiMaYang* lebih efektif dalam membangun model mental stoikiometri mahasiswa dibandingkan dengan model pembelajaran yang selama ini

digunakan oleh dosen Kimia Dasar. Peningkatan model mental tersebut terjadi pada semua transformasi fenomena kimia, yaitu verbal – visual, visual – verbal, dan visual – visual. Untuk fenomena “verbal – verbal” pembelajaran dengan model *SiMaYang* menunjukkan hasil yang tidak berbeda dengan pembelajaran konvensional.

2. Penerapan model pembelajaran *SiMaYang* dapat membangun model mental mahasiswa dalam mempelajari topik stoikiometri. Sebelum diterapkan pembelajaran dengan model *SiMaYang* pada perkuliahan Kimia Dasar, model mental mahasiswa mayoritas berada pada kategori buruk dan buruk sekali dengan karakteristik model mental “alternatif”, tetapi setelah diterapkannya model pembelajaran *SiMaYang*, model mental mahasiswa menjadi mayoritas berkategori baik dan baik sekali dengan karakteristik model mental “konsensus” dan “target”.

DAFTAR PUSTAKA

- Ben-Zvi, R., Eylon B. and Silberstein, J., 1987, Students' visualisation of a chemical reaction, *Educ. Chem.*, 24, p. 117-120.
- Chandrasegaran, Treagust & Mocerino. 2007. Enhancing Students' Use Of Multiple Levels Of Representation To Describe And Explain Chemical Reactions. *School Science Review*, 88. p. 325.
- Chittleborough, G. 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, p. 274-292.
- Coll, R.K., 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5, (1), p. 22 – 47.
- 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.
- 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., Gail Chittleborough, and Eileen Murray., 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 Drofenik L., Mojca J., & 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.
- Hake, R., 2002. Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization. Online: <http://www.physics.indiana.edu/~hake>. Diakses : 22 Juli 2011

- 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 (CEJ)**. 13, No. 1. p. 1–6.
- 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.
- Johnstone, A.H., 2006. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**. 7, No. 2. p. 49 – 63.
- 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.
- McBroom, R.A., 2011. Pre-Service Science Teachers’ Mental Models Regarding Dissolution and Precipitation Reactions. *A Dissertation Submitted to The Graduate Faculty of North Carolina State University in Partial Fulfillment of The Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy*. Raleigh, North Carolina.
- Sunyono, Leny Yuanita, & Muslimin Ibrahim. 2011. Model Mental Mahasiswa Tahun Pertama dalam Mengenal Konsep Stoikiometri (Studi pendahuluan pada mahasiswa PS. Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lampung. **Prosiding Seminar Nasional V**. 6 Juli 2011. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sunyono, Leny Yuanita, & Muslimin Ibrahim. 2012. Analisis Keterlaksanaan dan Kemenarikan Model Pembelajaran *SiMaYang* dalam Membangun Model Mental Mahasiswa pada Topik Stoikiometri. **Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia**. 6 Oktober 2012. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- 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 & Mamiala. 2003. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **Int. J. Sci. Educ.**, Vol. 25, No. 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.
- Wang, C.Y., 2007. The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, 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.
- Wang, C.Y. & Barrow, L.H., 2013. Exploring Conceptual Frameworks of Models of Atomic Structures and Periodic Variations, Chemical Bonding, and Molecular Shape and Polarity: A Comparison of Undergraduate General Chemistry Students with High and Low Levels of Content Knowledge. **Chem. Educ. Res. Pract.**, 14. p. 130–146.