

MODEL MENTAL IKATAN KIMIA SISWA KELAS X SETELAH PEMBELAJARAN DENGAN STRATEGI *SiMaYang*

By

Sunyono*) dan Tasviri Efkar *)

*) Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP Universitas Lampung, Bandar Lampung. 35145.
sunyono_ms@yahoo.com

ABSTRAK

Model mental siswa pada penelitian ini dibangun melalui pembelajaran dengan model berbasis multipel representasi atau disebut sebagai model pembelajaran *SiMaYang*. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan melalui *Cluster random sampling* dengan subyek penelitian diambil dari siswa SMA di Provinsi Lampung Indonesia. Jumlah sampel yang dipilih sebanyak dua kelas dari siswa kelas 10 dan secara keseluruhan jumlah siswa yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 76 orang. Model mental siswa diukur melalui tes materi Ikatan Kimia dalam bentuk *essay*. Tes ini adalah tes pemecahan masalah secara kreatif untuk melihat kemampuan imajinasi siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) sebelum pembelajaran, kemampuan imajinasi kreatif siswa sangat rendah, sehingga kemampuan siswa untuk memahami gambar visual (tingkat sub-mikroskopis) menjadi lebih rendah. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan model mental dalam menyelesaikan masalah ikatan kimia masih berada pada level intermediet-1; (2) setelah belajar dengan menggunakan strategi *SiMaYang*, kemampuan model mental siswa dalam memecahkan masalah ikatan kimia menjadi lebih tinggi, dan berada pada level intermediet-3. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran *SiMaYang* dapat menjadi strategi alternatif dalam pengajaran kimia untuk memecahkan masalah secara kreatif, khususnya konsep-konsep abstrak yang berkaitan dengan fenomena sub-mikroskopik, makroskopik dan simbolik.

Kata Kunci: Multipel Representasi, Model Mental, Strategi *SiMaYang*

ABSTRACT

Student's mental models of the students in this study was built through model-based learning with multiple representations or referred to as a learning strategy of *SiMaYang*. The samples in this study was conducted through random cluster sampling with the study subjects were taken from a high school student in Lampung Province. The selected number of samples as many as two classes of students grade 10 and students involved in this study as 76 people. Mental models of the students is measured through tests in the form of an essay. This test is a test of creative problem solving to look at the ability of the student's imagination. The results showed that (1) before the learning, the ability of the creative imagination of students is very low, so that the student's ability to comprehend visual images (sub-micro level) becomes lower. This is demonstrated by the ability of mental models in problems solving of chemical bonding is still at the level of intermediate-1; (2) After learning by using *SiMaYang* strategies, mental models abilities of students becomes higher, which is located at the level of intermediate-3. These findings indicate that learning of *SiMaYang* could be alternative strategies in the teaching of chemistry to solve problems creatively, particularly concepts related to the phenomenon of sub-microscopic, macroscopic and symbolic.

Keywords: *Multipel Representation, Mental Model, SiMaYang Strategy*

1. PENDAHULUAN

Beberapa hasil penelitian (seperti Coll, 2008; Strickland, *at al.*, 2010; Davidowitz, *et al.*, 2010) memberikan informasi bahwa siswa selalu mengalami kesulitan dalam memberikan eksplanasi tentang representasi sub-mikro berdasarkan representasi makroskopis dan simbolis. Terkait hal ini,

siswa cenderung lebih banyak menggunakan transformasi level makroskopis ke simbolis, namun tidak mampu dalam mentransformasikan dari level makroskopis dan simbolis ke level sub-mikroskopis. Hal ini disebabkan pengetahuan yang diperoleh dan masuk ke memori sulit untuk diakses kembali atau

pengetahuan itu sulit memasuki memori jangka panjang (Sunyono dkk., 2013). Hasil Penelitian tersebut telah menunjukkan bahwa banyak siswa memiliki model mental yang sangat sederhana tentang fenomena kimia, misalnya model-model atom dan model-model molekul yang digambarkan sebagai struktur diskrit dan konkrit, namun tidak memiliki keterampilan dalam membangun model mental. Beberapa penelitian juga menyatakan bahwa baik siswa sekolah menengah, sarjana, maupun pascasarjana lebih suka dengan model mental yang sederhana dan realistis (Coll, 2008; Strickland *et al.*, 2010; Sunyono *et al.*, 2015a).

Hsu (2014) mengungkapkan bahwa untuk membantu siswa dalam mengembangkan kemampuan penalaran diperlukan gambar visual, karena dapat membangkitkan keterlibatan sensorik siswa, memperkaya pengalaman dan selanjutnya dengan menggambar, maka partisipasi sensorik dalam tubuh dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih baik. Gambar-gambar adalah contoh imajinasi kreatif yang dapat membantu siswa dalam memahami fenomena sub-mikro. Sunyono *et al.* (2015a) melalui visualisasi gambar sub-mikroskopis, siswa akan lebih mudah untuk membangun model mental mereka. Model mental merupakan representasi intrinsik (representasi internal) dari suatu objek, gagasan, atau proses yang dihasilkan oleh seseorang selama proses kognitif yang sedang berlangsung (Harrison dan Treagust, 2000). Menurut Mumford *et al.* (2012) bahwa model mental siswa dapat dihasilkan melalui tugas pemetaan konseptual dimana peta atau model itu diungkapkan melalui gambar model struktural yang menggambarkan hubungan antar konsep-konsep yang dipilih oleh siswa dalam menyelesaikan masalah secara kreatif.

Model mental siswa yang dilaporkan dalam literatur tidak konsisten dengan model ilmiah atau pembelajaran yang seharusnya, dan tidak hanya dianggap cacat, tetapi juga ditemukan mengandung beberapa kesalahpahaman (Vosniadou & Brewer, 1992). Oleh karena itu, penelitian yang

dilaporkan dalam makalah ini berusaha untuk memberikan deskripsi dengan memberikan wawasan yang mendalam ke dalam pemahaman siswa tentang ikatan kimia yang diungkapkan melalui model mental mereka. Salah satu langkah dalam mengatasi masalah tersebut, Sunyono (2014 dan 2015a) telah mengembangkan sebuah model pembelajaran berbasis multipel representasi untuk menumbuhkan model mental dan keterampilan berpikir tingkat tinggi lainnya, yang dinamakan model *SiMaYang* (Si-5 Layang-Layang). Melalui model dan strategi *SiMaYang*, potensi imajinasi siswa dapat dioptimalkan, sehingga dapat memacu peningkatan kemampuan penalaran dalam menginterpretasikan fenomena-fenomena kimia (Sunyono *et al.*, 2015b). Pembelajaran yang mengedepankan imajinasi ternyata dapat membantu siswa dalam menumbuhkan model mentalnya dan dapat ditingkatkan dari model mental yang belum jelas ke arah model mental “moderat” dan “tinggi (intermediet-3)” (Sunyono *et al.*, 2015a).

Pada penelitian ini model mental siswa dikategorisasi berdasarkan tingkatan pemahaman terhadap konsep ikatan kimia. Wang (2007) mengkategorisasi model mental menjadi 3 (tiga), yaitu kemampuan model mental “rendah”, “moderat,” dan “tinggi.” Sunyono (2014 dan 2015a) mengkombinasikan kategorisasi dari Wang (2007) dan Park *et al.* (2009) dengan membuat klasifikasi sebagai berikut: (a) model mental awal yang tidak berbentuk atau tidak jelas; (b) model mental intermediet-1; (c) model mental intermediet-2; (d) model mental intermediet-3; dan (e) model mental target adalah model mental yang ditandai dengan konsep/penjelasan dan gambar struktur yang dibuat pembelajar tepat secara keilmuan.

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan: (a) “apakah pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* efektif dalam meningkatkan model mental siswa?” (b) “bagaimana karakteristik model mental siswa dalam memahami konsep ikatan kimia?”

2. Metode Penelitian

2.1 Prosedur penelitian

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian pengembangan yang telah dilakukan sejak tahun 2014. Data dan hasil penelitian yang diuraikan di makalah ini merupakan bagian dari penelitian hibah bersaing tahun ke-2. Metode penelitian yang digunakan mengacu pada metode penelitian hibah bersaing tersebut dan juga mengacu pada langkah penelitian Sunyono *et al.* (2015a). Populasi dari penelitian ini adalah siswa kelas X SMA di Propinsi Lampung semester ganjil. Sampel penelitian dipilih secara acak dengan *teknik cluster random sampling*, yaitu dipilih 1 kabupaten/kota di Propinsi Lampung dan diambil dua SMA (negeri dan swasta) dan masing-masing sekolah tersebut diambil secara acak satu kelas (kelas X) sebagai sampel. Hasil pemilihan sampel penelitian adalah Kelas X-4 SMAN 7 Bandar Lampung dan Kelas X-2 SMA Gajah Mada Bandar Lampung. Pada kedua kelas sampel dilakukan pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* dengan sintaks pembelajarannya terdiri atas 4 (empat) fase, yaitu: Orientasi, Eksplorasi – imajinasi, Internalisasi, dan Evaluasi (Sunyono, 2014 dan 2015a).

2.2 Instrumen dan analisis data

Pengukuran model mental siswa dalam penelitian ini dilakukan melalui tes materi berbentuk soal *essay*. Model mental yang dianalisis merupakan model mental yang muncul sebagai respon terhadap pertanyaan-pertanyaan dalam soal tes model mental untuk ikatan kimia (Wang 2007., Coll, 2008). Data yang diperoleh dari hasil tes model mental selanjutnya dianalisis dengan cara ditranskripsi dan

dikategorisasi, sehingga dapat diidentifikasi model mental siswa dan kesulitan-kesulitan yang umum terjadi ketika berhadapan dengan representasi eksternal level submikroskopik. Untuk mengkategorisasi kemunculan model mental melalui jawaban siswa dilakukan dengan sistem penskoran. Teknik penskoran dilakukan dengan menggunakan rubrik, untuk menentukan pencapaian penyelesaian masalah (Sunyono *et al.*, 2013 & 2015a). Tingkat pencapaian penyelesaian masalah tersebut selanjutnya di kategorikan sebagai model mental “buruk sekali” (skor = 1), “buruk” (skor = 2), “sedang” atau “moderat” (skor = 3), “baik” (skor = 4), dan “baik sekali” (skor = 5). Berdasarkan hasil penskoran tersebut, selanjutnya model mental siswa yang muncul dikarakterisasi ke dalam 5 karakter model mental (Sunyono *et al.*, 2015a; Park *et al.*, 2009), yaitu model yang tidak jelas, intermediet-1, intermediet-2, intermediet-3, dan target. Analisis juga dilakukan terhadap ukuran pengaruh (*effect size*) pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* terhadap peningkatan model mental (N-gain) melalui uji-t dan uji *effect size*. Taraf kepercayaan yang digunakan $\alpha = 0,05$. *Effect size* dihitung dengan rumus yang dikemukakan oleh Abu Jahjough (2014) dan Dincer (2015).

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penskoran terhadap jawaban (respon) siswa atas soal tes model mental dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan antara model mental siswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Pada analisis ini, siswa dikelompokkan berdasarkan skor total yang diperoleh, sebagaimana Gambar 2 dan 3 berikut ini



Gambar 2. Persentase Kategori dengan Model Mental Ikatan Kimia Siswa Sebelum dan Sesudah pembelajaran (SMA Negeri 07 Bandar Lampung).



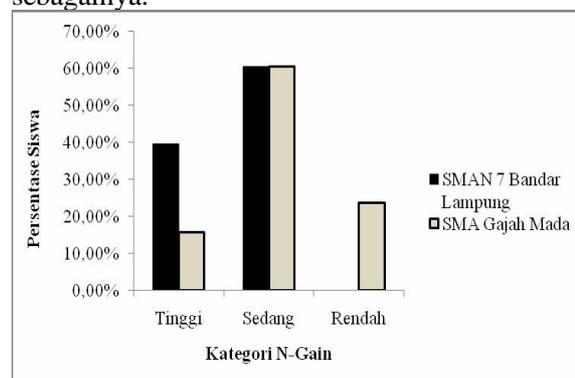
Gambar 3. Persentase Kategori dengan Model Mental Ikatan Kimia Siswa Sebelum dan Sesudah pembelajaran (SMA Gajah Mada).

Gambar 2 dan 3. menunjukkan bahwa model mental siswa pada konsep ikatan kimia setelah pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan sebelum pembelajaran. Nampak bahwa sebelum pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang*, model mental siswa sebagian besar berada pada kategori “buruk sekali (belum jelas)” dan “buruk (intermediet-1)”, namun setelah pelaksanaan pembelajaran dengan strategi *SiMaYang*, model mental siswa sebagian besar berada pada kategori “baik” atau “intermediet-3” dan sebagian lagi berada pada kategori “baik sekali” atau “target,” meskipun masih ada yang berkategori “buruk” atau “intermediet-1” dan kategori “sedang” atau “intermediet-2”.

Hal ini menunjukkan ada perubahan model mental siswa pada konsep ikatan kimia dari “buruk sekali” atau model mental “belum jelas” dan “buruk” atau “intermediet-1” meningkat menjadi “baik” atau intermediet-3” dan “baik sekali” atau “target”. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pembelajaran dengan menggunakan model *SiMaYang* efektif dalam meningkatkan model mental siswa, sehingga model pembelajaran *SiMaYang* yang telah dikembangkan dapat digunakan dalam penelitian lebih lanjut.

Persentase *n-Gain* model mental siswa diperlihatkan pada Gambar 4. Gambar 4 memperlihatkan bahwa persentase rerata *n-Gain* model mental siswa mayoritas berada pada kategori kategori “sedang” (> 60,00%, dan untuk kategori tinggi berada pada

kisaran 15,00% – 40,00%%. Ini berarti peningkatan model mental siswa setelah penerapan pembelajaran dengan model *SiMaYang* cukup tinggi. Di samping itu, siswa dengan modal pengetahuan kimia yang diajarkan pada kelas X masih belum mampu melakukan transformasi dari makroskopik (fenomena air dan gas NH_3) ke fenomena submikroskopik dan simbolik (proses pembentukan ikatan). Transformasi fenomena tersebut dilakukan melalui imajinasi terhadap kedudukan elektron dalam atom dari suatu molekul kemudian menyusun gambar submikro tentang proses pembentukan ikatan kovalen, menjelaskan terjadinya ikatan, menjelaskan perbedaan sifat molekul akibat perbedaan ikatan, dan sebagainya.



Gambar 4. Persentase Siswa vs N-Gain Model Mental Ikatan Kimia di Kedua Kelas X dari Dua SMA yang Berbeda.

Hasil analisis terhadap *effect size* dari pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* terhadap model mental disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis *Effect Size*

Sekolah	Nilai t	df (n-1)	Effect Size (μ)	Kriteria
Kelas X SMAN 7	10,89	37	0,87	Besar
Kelas X SMA Gajah Mada	21.60	37	0.96	Besar

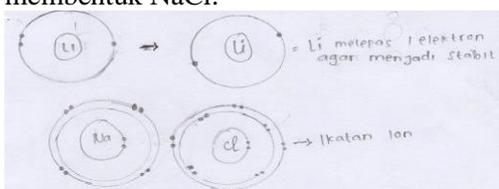
Hasil uji *effect size* (Tabel 1) menunjukkan bahwa pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* memiliki efek yang “besar” terhadap peningkatan model mental siswa, baik di kelas X SMAN 7 Bandar Lampung maupun di kelas X SMA Gajah Mada Bandar Lampung. Hasil ini memberikan informasi bahwa strategi *SiMaYang* dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia di kelas untuk menumbuhkan model mental siswa ke arah model mental intermediet-3 (konsensus) dan model mental target.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan jawaban siswa, terlihat bahwa gambar visual yang dibuat siswa masih sangat sederhana dan sebagian besar (30% - 45%) nampak tidak dapat membedakan antara pembentukan ikatan ionik, kovalen, dan ikatan koordinasi (Contoh di bawah). Kesulitan siswa dapat disebabkan karena siswa belum pernah dilibatkan dengan fenomena sub-mikroskopik dalam pembelajaran. Hasil ini nampaknya sesuai dengan pernyataan beberapa peneliti bahwa pemahaman terhadap konsep kimia tidak saja menyangkut hafalan secara verbal saja, tetapi juga menuntut pemahaman terhadap fenomena representasi submikroskopik dari struktur molekul atau atom (Ben-Zvi, *et al.*, 1987).

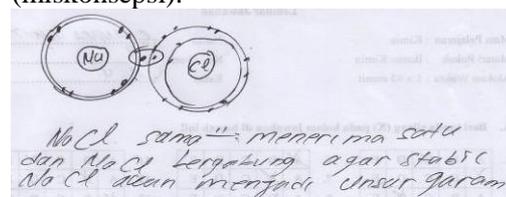
Model Mental pada Konsep Ikatan Ionik

Siswa A1: Menggambarkan proses pembentukan ikatan ion dari NaCl, namun tidak jelas bagaimana kedua atom (Na dan Cl) mampu berikatan secara ionik membentuk NaCl.



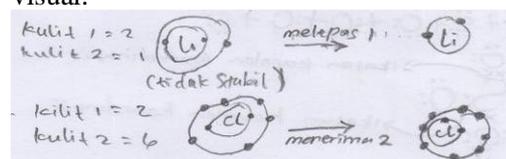
Siswa B1: Tidak dapat membedakan antara proses pembentukan ikatan ion dan ikatan

kovalen, dimana menyebut bahwa Na dan Cl berikatan dengan sama-sama menerima elektron membentuk garam NaCl (miskonsepsi).

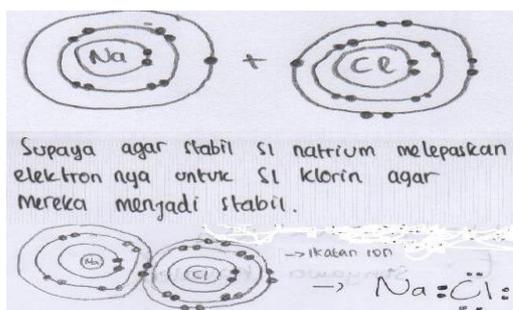


Terlihat bahwa siswa A dan B (sebagai contoh) merupakan siswa yang mengalami kesulitan ketika berhadapan dengan transformasi dari verbal ke visual dalam menggambarkan fenomena sub-mikroskopis. Meskipun demikian, mayoritas (> 75,00%) siswa telah mampu dengan baik melakukan transformasi dari verbal ke visual atau sebaliknya dalam menggambarkan fenomena submikroskopis. Jawaban siswa tersebut menggambarkan bahwa kemampuan imajinasi kreatif dapat ditingkatkan dalam melakukan penalaran terhadap fenomena makro, submikro, dan simbolik. Dengan kemampuan imajinasi kreatif tersebut, model mental yang dapat dibangun siswa berada pada level “sedang (intermediet-2)” dan “baik (intermediet-3)” bahkan dapat mencapai model mental “konsensus” (Treagust, *et al.*, 2003). Berikut adalah contoh-contoh jawaban siswa yang menggambarkan kemampuan model mental pada level intermediet-3.

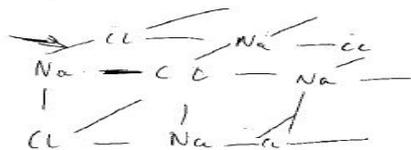
Siswa A2: mampu menjelaskan kestabilan atom Li dan Cl secara baik melalui gambar visual.



Siswa B2: Memberikan penjelasan tentang proses pembentukan ikatan ion dari senyawa NaCl.



Setelah pembelajaran, model mental yang disukai siswa pada konsep ikatan ionik adalah model elektrostatis sederhana, beberapa siswa menggambarkan sebagai model campuran dan menggunakan konsep dari model lainnya (seperti siswa A1 dan B1), sehingga menimbulkan miskonsepsi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa siswa melihat ikatan kimia terjadi akibat daya tarik antara atom-atom bermuatan dalam mencapai kaidah oktet (kestabilan). Siswa A2 dan B2 misalnya, mengatakan bahwa ikatan ionik terbentuk dari "tarik menarik antara muatan positif dan negatif" dan hal itu terjadi karena adanya atom yang menyumbangkan elektron dan ada atom yang menerima elektron". Hasil jawaban siswa menunjukkan bahwa siswa telah mampu memahami bahwa ikatan kimia terjadi karena didorong oleh aturan oktet. Sebagaimana siswa B2 mengatakan "klorin membutuhkan satu lagi elektron untuk memenuhi kestabilannya sendiri". Siswa lainnya mengatakan bahwa ikatan ion dari NaCl terjadi karena "natrium lebih memilih untuk memiliki satu muatan positif dan klorin lebih memilih untuk memiliki satu muatan negatif", hal ini akibat dari dorongan aturan oktet untuk mencapai "konfigurasi elektron gas mulia". Namun, mereka lebih menekankan pada struktur kisi dengan mengatakan bahwa natrium klorida adalah berstruktur kubik klasik di mana setiap natrium dikelilingi oleh enam ion klorin, demikian pula setiap ion klorin dikelilingi oleh enam ion natrium".



Gambar 5. Gambar struktur NaCl yang Dibuat oleh Siswa

Model Mental pada Konsep Ikatan Ionik

Model mental yang disukai siswa untuk konsep ikatan kovalen adalah model pemenuhan aturan oktet, hal ini disebabkan siswa telah belajar dan berlatih memvisualisasikan proses atom-atom menuju kestabilan konfigurasi elektron gas mulia. Berkaitan hal tersebut, siswa telah memahami bahwa ikatan kovalen terjadi sebagai akibat dari saling berbagi elektron antar atom, karena didorong oleh kekuatan pembentukan oktet yang stabil. Misalnya pembentukan ikatan pada molekul amonia (NH_3) dan molekul air (H_2O). Meskipun demikian beberapa siswa juga masih bingung dengan ikatan dari molekul yodium, dimana pandangan sederhana muncul bahwa ikatan kovalen pada molekul yodium (I_2) terjadi dengan melibatkan saling berbagi elektron, namun elektron yang dibagikan tidak jelas diartikulasikan. Pada sisi lain, mereka mudah dapat mendiskusikan ikatan dalam kloroform dan menarik diagram (gambar visual) yang menunjukkan struktur Lewis berdasarkan aturan oktet.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa dari kedua sekolah (SMA) lebih memunculkan model mental sederhana atau realistik dari sistem target ikatan kimia dan berada pada level intermediet-3. Hal ini menunjukkan bahwa siswa telah mampu menunjukkan sejumlah model mental dan ini menggambarkan kemampuan imajinasi kreatif yang lebih maju untuk model sasaran (ikatan ion dan kovalen). Selain itu, siswa juga lebih mampu untuk bersikap kritis terhadap model mental, terutama model yang digambarkan dan disajikan pada LKS. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran dengan strategi *SiMaYang* mampu membangkitkan imajinasi kreatif siswa dengan memunculkan model mental sederhana dan realistik dengan kategori intermediet-3. Hal ini diperkuat oleh hasil analisis *effect size* yang memberikan informasi bahwa pengaruh strategi pembelajaran *SiMaYang* terhadap peningkatan model mental cukup tinggi dengan *effect size* yang besar.

Temuan dalam penelitian ini konsisten dengan penelitian-penelitian lain yang melibatkan konsep-konsep kimia yang abstrak seperti struktur atom, stoikiometri, dan mekanisme reaksi. Sebagai contoh, studi sebelumnya menemukan bahwa peserta didik lebih menyukai model realistik tentang model pengisian orbital atom dalam konfigurasi elektron (Harrison & Treagust, 2000; Sunyono *et al.*, 2015b). Kedalaman tambahan penjelasan dari model mental yang disediakan oleh siswa, nampaknya tidak berbeda dengan temuan Kleinman dkk. (1987) yang menunjukkan bahwa siswa yang dilatih dan belajar melalui visualisasi fenomena submikro akan mampu meningkatkan kemampuan abstraksi dan memiliki lebih banyak gambar mental sebagai hasil dari imajinasi kreatif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan dengan mengkaji penelitian-penelitian lain dapat disimpulkan bahwa (1) Strategi pembelajaran SiMaYang adalah strategi dari model pembelajaran SiMaYang dan berbasis multipel representasi efektif dalam meningkatkan model mental siswa kelas X SMA dalam memecahkan masalah ikatan kimia; (2) Setelah belajar dengan menggunakan strategi *SiMaYang*, kemampuan model mental siswa dalam memecahkan masalah ikatan kimia menjadi lebih tinggi, dan berada pada level intermediet-3, model mental yang sederhana dan realistik.

5. Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat yang telah memberikan dana penelitian ini melalui skim Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2015. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada kepala SMA dan guru-guru kimia di Proipinsi Lampung yang telah membantu kelancaran penelitian.

Daftar Pustaka

AbuJahjoh, Y.M., 2014. The Effectiveness of Blended E- Learning Forum in

Planning for Science Instruction.

Journal of Turkish Science Education. 11. No. 4, p. 3-16.

Ben-Zvi, R., Eylon B. and Silberstein, J., 1987, "Students' visualisation of a chemical reaction." *Educ. Chem.*, 24, p. 117-120.

Coll, R.K., 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding.

Journal of Turkish Science Education, 5, (1), p. 22 – 47.

Davidowitz, B., Chittleborough, G., and Murray, E., 2010. Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 11, p. 154–164.

Dincer, S., 2015. Effects of Computer-Assisted Learning on Students' Achievements in Turkey: A Meta-Analysis. *Journal of Turkish Science Education*. 12. No. 1, p. 99-118

Franco, C., de Barros, H. L., Colinviaux, D., Krapas, S., Queiroz, G., & Alves, F. (1999). From Scientists' and Inventors' Minds to Some Scientific and Technological Products: Relationships between Theories, Models, Mental Models and Conceptions. *International Journal of Science Education*, 21(3), p. 277-291.

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.

Hsu, L. (2014). Modelling Determinants for the Integration of Web 2.0 Technologies into Hospitality Education: A Taiwanese Case. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 1-9.

Kleinman, R.W., Griffin, H.C., & Kerner, NK. (1987). Images in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64 (9), p. 766-770.

Mumford, M.D., Hester, K.S., Robledo, I.C., Peterson, D.R., Day, E.A., Hougen, D.F., & Barrett, J.D. (2012). Mental Models and Creative Problem-Solving: The Relationship of Objective and Subjective Model Attributes. *Creativity Research Journal*. 24 (4), p. 311-330.

Park, E.J., Light, G., Swarat, S., & Denise, D., 2009. "Understanding Learning

- Progression in Student
Conceptualization of Atomic Structure
by Variation Theory for Learning.”
Paper presented at the Learning
Progressions in Science (LeaPS)
Conference. June 2009. Iowa City, IA.
- Strickland, A.M., Kraftb, A., & 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.
- Sunyono, Leny Yuanita, & Muslimin Ibrahim.
2013. Efektivitas Model Pembelajaran
Berbasis Multipel Representasi dalam
Membangun Model Mental Mahasiswa
Topik Stoikiometri. *Journal
Pendidikan Progresif*. No. 1, Vo.3.Hal
65 – 79
- 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, Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015a).
Supporting Students in Learning with
Multiple Representation to Improve
Student Mental Models on Atomic
Structure Concepts. *Science Education
International*. 26 (2), p. 104-125.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibahim, M. (2015b).
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), p.
30 – 45.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., &
Mamiala, T., 2003. “The role of
submicroscopic and symbolic
representations in chemical
explanations.” *International Journal of
Science Education*. 25, No. 11, p.
1353–1368.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental
Models of The Earth: A Study of
Conceptual Change in Childhood.
Cognitive Psychology, 24 (4), p. 535-
585.
- 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.