

**ANALISIS MODEL MENTAL SISWA MENGENAI REAKSI REDOKS
DAN ELEKTROKIMIA UNTUK TIGA LEVEL REPRESENTASI KIMIA
DI SMA NEGERI 2 BATUSANGKAR**

TESIS



Oleh

**MONA NOVITA
NIM 1103970**

**Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam
mendapatkan gelar Magister Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2013**

ABSTRACT

Mona Novita. 2013. "Student Mental Model Analysis about Redox Reaction and Electrochemistry for Three Level of Chemistry Representation in SMAN 2 Batusangkar". Thesis. Magister Program at State University of Padang.

This research is based on the general purpose of science teaching and that is to help the student in understanding world phenomenon by applying concept and theory that they have learned. One of causal factor that in accessibility the purpose of science teaching are because incapability of student in correlating chemistry phenomenon that they have learned in three level of chemistry representation, and that are macroscopic, submicroscopic, and symbolic level which is contributed in formation of student mental model (conception) about chemistry phenomenon. In accessibility the student in correlating phenomenon in three level of chemistry representation have the impact in accessibility student in resolve the problem, answering question, and make a prediction about phenomenon, so that misconception can be easier made in student mind. That case is seen from percentage of study completeness result student in XII IPA class in SMA 2 Batusangkar for 2 recent years which is still low (25 %, and 53 %). Beside misconception, mental model (conception) that student have can be like mental model (conception) complete, incomplete, there is no model mental, and there is no response.

The purpose of this research is to analyze student mental model (conception) about five phenomenons redox reaction and electrochemistry based on the result open ended question test and student interview. Analysis descriptive research is use for answering the problem in this research. The object of this research is the student mental model (conception) and the subject research is student XII IPA class in SMA 2 Batusangkar which is amount to 23 students. Instrument in this research is open ended question and student interview sheet.

The analysis result show that student mental model (conception) in three level of chemistry representation for phenomenon (1) spontaneously metal redox reaction Zn with CuSO_4 solution for first question disposed to be indicator assessment mental model "misconception", and for the second question disposed to be indicator assessment mental model "complete", (2) Voltaic cell with electrode Zn and Cu for first question disposed to be indicator assessment mental model "misconception", and "complete" for second question (3) solution electrolysis NaCl with electrode inert for first and second question disposed to be indicator assessment mental model "misconception", (4) solution electrolysis CuSO_4 with active electrode for first question disposed to be indicator assessment mental model "misconception", and "complete" for second question, and (5) the plating iron key with the pure bronze for first question disposed to be indicator assessment mental model "misconception", and "there are no mental model" for the second question.

ABSTRAK


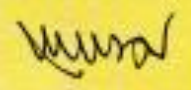
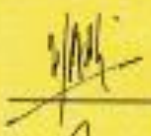
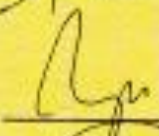

Mona Novita. 2013. “Analisis Model Mental Siswa Mengenai Reaksi Redoks dan Elektrokimia untuk Tiga Level Representasi Kimia di SMA Negeri 2 Batusangkar”. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini berawal dari tujuan umum pengajaran sains yaitu membantu siswa dalam memahami fenomena alam dengan menggunakan konsep dan teori yang telah dipelajarinya. Salah satu faktor penyebab sulitnya tujuan pengajaran sains dicapai adalah karena ketidakmampuan siswa dalam menghubungkan fenomena kimia yang dipelajarinya pada tiga level representasi kimia, yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik yang berkontribusi dalam pembentukan model mental (konsepsi) siswa terhadap fenomena kimia. Tidak mampunya siswa dalam menghubungkan fenomena pada tiga level representasi kimia berdampak kepada ketidakmampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan, menjawab pertanyaan, dan membuat prediksi terhadap suatu fenomena, sehingga miskonsepsi dapat dengan mudah terbentuk pada pikiran siswa. Hal itu terlihat dari persentase ketuntasan hasil belajar siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar untuk dua tahun terakhir yang masih rendah, yaitu (25 %, dan 53 %). Disamping miskonsepsi, model mental (konsepsi) yang dimiliki siswa dapat berupa model mental (konsepsi) lengkap, tidak lengkap, tidak ada model mental, dan tidak ada respon.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis model mental (konsepsi) siswa mengenai lima fenomena reaksi redoks dan elektrokimia berdasarkan hasil tes pertanyaan terbuka dan wawancara siswa. Penelitian deskriptif analisis digunakan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini. Obyek dalam penelitian ini adalah model mental (konsepsi) siswa dan subyek penelitian adalah siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar yang berjumlah 23 orang. Instrumen dalam penelitian ini adalah pertanyaan terbuka dan lembar wawancara siswa.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model mental (konsepsi) siswa pada tiga level representasi kimia untuk fenomena (1) kespontanan reaksi redoks logam Zn dengan larutan CuSO_4 untuk pertanyaan pertama cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”, dan pada pertanyaan kedua cenderung berada pada indikator penilaian model mental “lengkap”, (2) sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu untuk pertanyaan pertama cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”, dan “lengkap” untuk pertanyaan kedua, (3) elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert untuk pertanyaan pertama dan kedua cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”, (4) elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif untuk pertanyaan pertama cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”, dan “lengkap” untuk pertanyaan kedua, dan (5) penyepuhan kunci besi dengan tembaga murni untuk pertanyaan pertama cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”, dan “tidak ada model mental” untuk pertanyaan kedua.

**PERSETUJUAN KOMISI
UJIAN TESIS MAGISTER KEPENDIDIKAN**

No.	Nama	Tanda Tangan
1	<u>Dr. Latisma Dj., M.Si.</u> (Ketua)	
2	<u>Dr. Indang Dewata, M.Si.</u> (Sekretaris)	
3	<u>Dr. Hardeli, M.Si.</u> (Anggota)	
4	<u>Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D.</u> (Anggota)	
5	<u>Prof. Dr. Agustina, M.Hum.</u> (Anggota)	

Mahasiswa

Mahasiswa : **MONA NOVITA**
NIM. : 1103970
Tanggal Ujian : 31 - 1 - 2013

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “Analisis Model Mental Siswa Mengenai Reaksi Redoks dan Elektrokimia untuk Tiga Level Representasi Kimia di SMA Negeri 2 Batusangkar”. Shalawat dan salam tidak lupa juga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang. Selama penyelesaian tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Latisma Dj., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah berkontribusi besar dalam memberikan ide dan bimbingan,
2. Bapak Dr. H. Indang Dewata, M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga serta pikirannya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini,
3. Bapak Dr. Hardeli, M.Si., Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D. sebagai Validator sekaligus sebagai Dosen Penguji dan Ibu Prof. Dr. Agustina, M.Hum. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan sumbangan pikiran, pengetahuan, dan saran yang konstruktif dalam rangka penyempurnaan tesis ini,

4. Ibu Dra. Desvianorita, M.M. selaku Kepala Sekolah SMA Negeri 2 Batusangkar,
 5. Bapak Zulbahri, S.Pd. selaku Guru Kimia kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar,
 6. Siswa-siswi kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian,
 7. Kedua orang tua tercinta, keluarga, dan Robby Fitrialdi N. yang selalu menyemangati penulis untuk menyelesaikan tesis ini, dan
 8. Teman-teman seperjuangan serta semua pihak yang telah memberikan ide, saran-saran, dan sumbangan tenaga selama pelaksanaan penelitian,
- semoga bantuan, bimbingan, dan motivasi yang Ibu, Bapak, beserta teman-teman berikan menjadi amal kebaikan dan mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyempurnakannya. Namun, penulis menyadari *tiada gading yang tak retak*. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan dari Bapak/ Ibu Dosen Penguji demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap tesis ini dapat memberikan sumbangan pikiran dalam peningkatan kualitas pendidikan serta bermanfaat bagi penulis untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Padang, 6 Februari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRACT	i
ABSTRAK.....	ii
PERSETUJUAN AKHIR	iii
PERSETUJUAN KOMISI PEMBIMBING.....	iv
SURAT PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian.....	9
G. Definisi Operasional	11
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori	12

1. Tiga Level Representasi Kimia	12
2. Model Mental	21
3. Pertanyaan Terbuka	24
B. Deskripsi Materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia	27
C. Kerangka Pemikiran	60
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	63
B. Obyek dan Subyek Penelitian	63
C. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data	64
1. Instrumen Penelitian	64
2. Teknik Pengumpulan Data	67
D. Teknik Analisis Data	68
E. Prosedur Penelitian	72
BAB IV. TEMUAN PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Temuan Penelitian	76
B. Pembahasan Analisis Model Mental (Konsepsi) Siswa Mengenai Reaksi Redoks dan Elektrokimia untuk Tiga Level Representasi Kimia.....	115
BAB V. KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	183
B. Implikasi	185
C. Saran	186
DAFTAR PUSTAKA	189
LAMPIRAN	193

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persentase Ketuntasan Hasil Belajar Siswa.....	3
2. Definisi Operasional Istilah	11
3. Empat Model Redoks Menurut Ringnes	28
4. Deret Kereaktifan beberapa Logam (dan Hidrogen)	31
5. Potensial Reduksi Standar (pada 25 ⁰ C)	33
6. Indikator Penilaian Model Mental Siswa	69
7. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks	77
8. Respon Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks	78
9. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks	80
10. Respon Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks	81
11. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	84
12. Respon Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	85
13. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	87
14. Respon Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	
15. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	91
16. Respon Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	92

17. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	94
18. Respon Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	95
19. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO ₄ dengan Elektrode Aktif.....	98
20. Respon Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO ₄ dengan Elektrode Aktif.....	99
21. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO ₄ dengan Elektrode Aktif.....	101
22. Respon Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO ₄ dengan Elektrode Aktif	102
23. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Pertama Fenomena Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	105
24. Respon Siswa untuk Pertanyaan Pertama pada Fenomena Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	106
25. Model Mental Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	108
26. Respon Siswa untuk Pertanyaan Kedua pada Fenomena Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	109
27. Persentase Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Lima Fenomena Reaksi Redoks dan Elektrokimia.....	111
28. Perbandingan Sel Volta dan Sel Elektrolisis	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Hubungan Antara Tiga Level Representasi Kimia dari Materi dan Model Mental.....	22
2. Keterkaitan Ketiga Level Representasi Kimia dalam Membentuk Model Mental	23
3. Gambar Makroskopik Kespontanan Reaksi Redoks Logam Zn dengan Larutan CuSO_4	29
4. Sebuah Penglihatan pada Level Submikroskopik dari Reaksi Zn dengan Ion-ion Cu^{2+}	30
5. Makroskopik Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	35
6. Mikroskopik dari Reaksi Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	38
7. Skema Sel Elektrolisis	44
8. Diagram Alir Reaksi-reaksi Elektrolisis.....	46
9. Makroskopik Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	47
10. Penglihatan Secara Mikroskopik Reaksi pada Katoda dan Anoda dari Elektrolisis Larutan NaCl Menggunakan Elektrode Karbon.....	50
11. Makroskopik Elektrolisis Larutan CuSO_4 dengan Elektrode Aktif	52
12. Penglihatan Secara Mikroskopik Reaksi pada Katoda dan Anoda dari Elektrolisis Larutan CuSO_4 Menggunakan Elektrode Cu	54
13. Makroskopik Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	56
14. Penglihatan Secara Mikroskopik Reaksi pada Katoda dan Anoda dari Penyepuhan Kunci Menggunakan Tembaga Murni	58
15. Kerangka Konseptual Penelitian	62
16. Kerangka Operasional Penelitian	75

17. Diagram Persentase Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks.....	82
18. Diagram Persentase Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Sel Volta dengan Elektrode Zn dan Cu	90
19. Diagram Persentase Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert Karbon.....	96
20. Diagram Persentase Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO ₄ dengan Elektrode Aktif	103
21. Diagram Persentase Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Penyepuhan Kunci Besi dengan Tembaga Murni	110
22. Persentase Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Pertanyaan Pertama dari Kelima Fenomena Reaksi Redoks dan Elektrokimia.....	112
23. Persentase Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Pertanyaan Kedua dari Kelima Fenomena Reaksi Redoks dan Elektrokimia	113
24. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap.....	117
25. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi.....	119
26. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap.....	123
27. Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Kespontanan Reaksi Redoks	127
28. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi.....	130
29. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	133
30. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	137

31. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	137
32. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi	139
33. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi.....	140
34. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental.....	142
35. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental.....	142
36. Distribusi Model Mental Siswa untuk Fenomena Sel Volta	144
37. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi.....	147
38. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	149
39. Charta Elektrolisis Lelehan CuCl_2 yang Digunakan Guru dalam Pembelajaran Sel Elektrolisis	150
40. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	151
41. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi	153
42. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	155
43. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	156
44. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	158
45. Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa untuk Fenomena Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektrode Inert	159
46. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi	162

47. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi	163
48. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	165
49. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	167
50. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi.....	169
51. Distribusi Model Mental (Konsepsi) Siswa pada Fenomena Elektrolisis Larutan CuSO_4 dengan Elektrode Aktif.....	171
52. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Miskonsepsi	174
53. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Model Mental Lengkap	175
54. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	177
55. Contoh Jawaban Siswa yang Berada pada Kategori Tidak Ada Model Mental	178
56. Distribusi Model Mental Siswa pada Fenomena Penyepuhan	180

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pedoman dan Lembar Wawancara Guru	193
2. Penilaian Kognitif Hasil Belajar Peserta Didik Tahun Ajaran 2010/2011 pada Materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia	196
3. Penilaian Kognitif Hasil Belajar Peserta Didik Tahun Ajaran 2011/2012 pada Materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia	197
4. Pertanyaan Terbuka Reaksi Redoks dan Elektrokimia untuk Tiga Level Representasi Kimia Beserta Kunci Jawaban	198
5. Pedoman Wawancara Siswa.....	244
6. Lembar Wawancara Siswa	246
7. Lembar Validasi Pertanyaan Terbuka dari Validator Satu.....	248
8. Lembar Validasi Pertanyaan Terbuka dari Validator Dua	254
9. Kisi-kisi Pertanyaan Terbuka	257
10. Penilaian Kognitif Hasil Belajar Peserta Didik Tahun Ajaran 2012/2013 pada Materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia	258
11. Surat izin penelitian dari PPs UNP.....	259
12. Surat Keterangan Rekomendasi Izin Penelitian dari KesBangPol Kabupaten Tanah Datar	260
13. Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian di SMA Negeri 2 Batusangkar.....	261

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia merupakan bagian integral dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang oleh sebagian siswa dianggap sukar untuk dipahami. Salah satu faktor penyebabnya adalah karena dalam mempelajari kimia diperlukan pemikiran intelektual yang tinggi sebab materi yang terdapat dalam kimia penuh dengan konsep yang abstrak (Chittleborough, 2004: 1). Dalam memahami kimia siswa tidak hanya mengerti pada konsep kuncinya saja tetapi juga bagaimana membentuk hubungan yang berarti antar konsep sehingga menjadi gagasan-gagasan baru. Hampir semua materi kimia dipahami dengan cara menghubungkan antar konsep dalam materi untuk membentuk gagasan baru, diantaranya konsep reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan konsep elektrokimia.

Reaksi redoks dan elektrokimia merupakan materi kimia yang dipelajari di kelas XII SMA semester satu. Materi reaksi redoks dan elektrokimia ini adalah salah satu materi kimia yang sukar diajarkan oleh guru. Sukarnya materi reaksi redoks dan elektrokimia ini diajarkan oleh guru seperti yang diungkapkan oleh Osterlund dan Ekborg (2009: 117) yaitu dalam menyampaikan proses transfer elektron sehingga memungkinkan siswa dapat menggunakan model elektron dengan tepat. Bagi siswa terdapat beberapa kesukaran dalam mempelajari reaksi redoks dan elektrokimia sehingga mengakibatkan siswa mengalami miskonsepsi pada beberapa konsep reaksi redoks dan elektrokimia seperti yang diungkapkan oleh de Jong & Treagust (2002: 317) yaitu (1) siswa menganggap reaksi oksidasi

dan reaksi reduksi sebagai reaksi yang terpisah, (2) siswa sulit dalam memahami makna dan menentukan bilangan oksidasi, (3) siswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi reaktan yang termasuk oksidator dan reduktor, (4) siswa mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan konsep redoks untuk menjelaskan fenomena kimia yang dialaminya sehari-hari. Pernyataan keempat de Jong & Treagust di atas juga sesuai dengan yang diungkapkan oleh Soudani, 2000 (dalam Osterlund dan Ekborg, 2009: 117) bahwa siswa memiliki kesulitan dalam menggunakan konsep reaksi redoks untuk menjelaskan fenomena redoks sehari-hari.

Ketidakmampuan siswa dalam mengaplikasikan konsep redoks dan elektrokimia pada kehidupan sehari-hari menandakan belum tercapainya tujuan umum pengajaran sains seperti yang diungkapkan oleh Collette & Chiappetta, 1994 (dalam Rompayom dkk., 2011: 12) bahwa tujuan umum dari pengajaran sains adalah untuk membantu siswa dalam memahami fenomena alam dengan menggunakan konsep dan teori yang telah dipelajarinya. Tujuan ini memang sulit untuk dicapai karena banyak fenomena yang sulit untuk dilihat seperti pergerakan elektron dalam menghasilkan arus listrik pada sel Volta, serah terima elektron pada proses kespontanan reaksi redoks, serah terima elektron dalam proses elektroplating dan lain sebagainya. Selain itu, juga disebabkan karena prinsip dan konsep sains dalam menjelaskan fenomena tersebut bersifat abstrak dan kompleks.

Berdasarkan hasil wawancara penulis dengan Guru Kimia kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar (lampiran 1) pada tanggal 6 Agustus 2012,

dinyatakan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep redoks dan elektrokimia. Hal itu terlihat dari data persentase ketuntasan hasil belajar siswa untuk dua tahun terakhir yang masih rendah dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) adalah 75 seperti yang terdapat pada Tabel 1 di bawah ini,

Tabel 1. Persentase Ketuntasan Hasil Belajar Siswa

Tahun Pelajaran	Kelas	Persentase ketuntasan (%)
2010/2011	XII IPA	25 %
2011/2012	XII IPA	53 %

(Sumber: Guru kimia kelas XII IPA SMAN 2 Batusangkar).

Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa pemahaman siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia masih rendah karena berada dibawah persentase ketuntasan ideal yaitu 100% (Depdiknas Direktorat Pembinaan SMA, 2008: 3). Pembelajaran tuntas (*mastery learning*) merupakan pola pembelajaran yang menggunakan prinsip ketuntasan secara individual (Depdiknas Direktorat Pembinaan SMA, 2008: 10). Secara individual, terdapat sebanyak 6 dari 24 siswa yang tuntas pada materi reaksi redoks dan elektrokimia yang ditandai dari nilai UH nya yang melewati KKM untuk tahun pelajaran 2010/2011 (lampiran 2). Sementara pada tahun pelajaran 2011/2012 terdapat 16 dari 30 siswa yang tuntas pada materi reaksi redoks dan elektrokimia (lampiran 3).

Dari hasil wawancara yang penulis lakukan dengan Guru Kimia kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar, juga diketahui bahwa guru telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan hasil belajar siswa khususnya pada materi reaksi redoks dan elektrokimia, seperti penggunaan media pembelajaran berupa charta, pelaksanaan praktikum, metode ceramah yang disertai diskusi kelas

ataupun pemberian latihan. Akan tetapi, pada kenyataannya persentase ketuntasan hasil belajar siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia ini masih rendah.

Selain faktor banyaknya konsep abstrak yang menyebabkan siswa tidak memahami kimia, terdapat faktor lain yang menyebabkan sukarnya kimia untuk dipahami siswa secara utuh, yaitu ketidakmampuan siswa dalam menghubungkan setiap fenomena kimia yang dipelajarinya pada tiga level representasi kimia yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik (Johnstone dalam Jansoon dkk, 2009: 149). Diungkapkan oleh Harrison dan Treagust; 2002 (dalam Chittleborough, 2004: 17) bahwa banyak siswa SMA dan mahasiswa memiliki kesulitan dalam menghubungkan pengetahuan dari satu level ke level yang lain pada tiga level representasi kimia dalam menjelaskan fenomena kimia. Sejalan dengan hasil penelitian Harrison dan Treagust di atas, Taber; 2002a, 2002b (dalam Chittleborough, 2004: 32) juga menyatakan bahwa sejauh ini level submikroskopik adalah level yang sangat sedikit dipahami siswa. Hampir seluruh siswa dalam penelitiannya memiliki model mental yang didominasi level simbolik, siswa belum mampu menampilkan hubungan dari ketiga level representasi kimia dalam menjelaskan fenomena kimia.

Permasalahan di atas juga terjadi di SMA Negeri 2 Batusangkar. Hal itu terlihat dari adanya permasalahan yang dialami siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar dalam menghubungkan lima fenomena redoks dan elektrokimia yaitu fenomena kespontanan reaksi redoks antara logam Zn dengan larutan CuSO_4 , fenomena sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu, fenomena elektrolisis

larutan NaCl dengan elektrode inert, fenomena elektrolisis larutan CuSO₄ dengan elektrode aktif, dan fenomena penyepuhan yang diberikan dalam pertanyaan terbuka (*open ended question*) pada tiga level representasi kimia. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian mengenai kemampuan siswa dalam menghubungkan setiap fenomena redoks dan elektrokimia pada tiga level representasi kimia yang direfleksikan sebagai model mental yang dimiliki siswa.

Model mental merupakan konsep dalam pikiran siswa (konsepsi) siswa yang digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan fenomena (Jansoon dkk, 2009: 147). Pembentukan model mental oleh siswa dipengaruhi oleh kemampuan siswa tersebut dalam menghubungkan setiap fenomena kimia pada tiga level representasi kimia. Hal itu disebabkan tiga level representasi kimia berkontribusi dalam pembentukan model mental seseorang mengenai sebuah fenomena (Chittleborough, Treagust dan Mocerino 2002). Berdasarkan gambaran di atas, dapat dikatakan bahwa ketiga level representasi kimia merupakan dasar untuk mempelajari kimia karena dianggap sebagai kekuatan untuk membantu siswa dalam membentuk model mental dari konsep kimia, sehingga akan tersimpan dalam memori jangka panjang (*long term memory*).

Mahaffy (2004: 230) menyatakan bahwa pentingnya level berpikir dari tiga level representasi kimia ini diteliti karena berkenaan dengan konsepsi siswa dan miskonsepsi yang terjadi pada ketiga level representasi kimia tersebut. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan karena apabila siswa belum mampu menampilkan hubungan dari ketiga level representasi kimia secara benar dalam menjelaskan fenomena kimia, maka akan menyebabkan model mental yang

dimiliki siswa kurang lengkap. Kurang lengkapnya model mental yang dimiliki siswa berakibat pada ketidakmampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan, menjawab pertanyaan, dan membuat prediksi terhadap suatu fenomena (Chittleborough, 2004: 72). Sebaliknya apabila siswa mampu menghubungkan ketiga level representasi kimia secara benar dalam menjelaskan fenomena kimia, maka akan mengurangi miskonsepsi pada siswa (Russel dkk, 1997, Treagust, 2003 dalam Jansoon dkk, 2009: 150). Berkurangnya miskonsepsi terhadap konsep kimia yang dipelajari tentunya akan memberikan hasil belajar yang lebih baik kepada siswa.

Atas dasar masih rendahnya persentase ketuntasan hasil belajar siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia di SMA Negeri 2 Batusangkar dan didasari dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Harrison dan Treagust serta Taber (2002) bahwa siswa belum mampu menampilkan hubungan dari ketiga level representasi kimia dalam menjelaskan fenomena kimia secara benar, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai **“Analisis Model Mental Siswa Mengenai Reaksi Redoks dan Elektrokimia untuk Tiga Level Representasi Kimia di SMA Negeri 2 Batusangkar”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah dalam materi reaksi redoks dan elektrokimia sebagai berikut ini.

1. Persentase ketuntasan hasil belajar siswa yang masih rendah.
2. Belum mempunya siswa dalam menghubungkan setiap fenomena kimia secara benar pada tiga level representasi kimia, yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka dilakukan penelitian dengan mendeskripsikan dan menganalisis model mental (konsepsi) siswa dalam menghubungkan fenomena kimia pada tiga level representasi kimia dengan dibatasi sebagai berikut ini.

1. Model mental siswa yang dianalisis terdiri atas lima fenomena reaksi redoks dan elektrokimia, yaitu sebagai berikut: (a) fenomena kespontanan reaksi redoks logam Zn dengan larutan CuSO_4 , untuk tiga level representasi kimia, (b) fenomena sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu untuk tiga level representasi kimia, (c) fenomena elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert untuk tiga level representasi kimia, (d) fenomena elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif untuk tiga level representasi kimia, dan (5) fenomena elektroplating (penyepuhan) kunci besi dengan tembaga murni untuk tiga level representasi kimia.

2. Model mental siswa yang dianalisis yaitu model mental yang dimiliki siswa setelah mendapatkan pembelajaran reaksi redoks dan elektrokimia.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana model mental (konsepsi) siswa mengenai fenomena-fenomena berikut ini”.

1. Kespontanan reaksi redoks logam Zn dengan larutan CuSO_4 untuk tiga level representasi kimia?
2. Sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu untuk tiga level representasi kimia?
3. Elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert untuk tiga level representasi kimia?
4. Elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif untuk tiga level representasi kimia? dan,
5. Elektroplating (penyepuhan) kunci besi dengan tembaga murni untuk tiga level representasi kimia?.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian adalah menganalisis model mental (konsepsi) siswa mengenai fenomena-fenomena berikut ini.

1. Kespontanan reaksi redoks logam Zn dengan larutan CuSO_4 untuk tiga level representasi kimia.

2. Sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu untuk tiga level representasi kimia.
3. Elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert untuk tiga level representasi kimia.
4. Elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif untuk tiga level representasi kimia, dan
5. Elektroplating (penyepuhan) kunci besi dengan tembaga murni untuk tiga level representasi kimia.

F. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai analisis model mental (konsepsi) siswa pada tiga level representasi kimia ini, diharapkan dapat bermanfaat untuk berbagai hal berikut ini.

1. Bahan masukan dan pertimbangan bagi Guru Kimia kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar mengenai: (a) model mental (konsepsi) yang dimiliki siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia untuk tiga level representasi kimia, (b) pertimbangan dalam memilih metode, strategi, media, dan literatur yang tepat dalam mengajarkan materi reaksi redoks dan elektrokimia berdasarkan hasil analisis model mental yang diperoleh, sehingga pembelajaran yang dilakukan oleh guru dapat mengembangkan model mental siswa, dan (c) pertimbangan dalam memilih instrumen penilaian yang tepat dalam menyelidiki model mental (konsepsi) siswa pada tiga level representasi kimia dalam menjelaskan sebuah fenomena kimia.

2. Bahan masukan bagi peneliti lain, bahwa pentingnya menghubungkan setiap fenomena kimia pada tiga level representasi kimia dalam pembelajaran di sekolah sehingga dapat mengembangkan model mental (konsepsi) siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia.

G. Definisi Operasional

Terdapat banyak istilah yang digunakan dalam tesis ini. Agar tidak terjadi kesalahpahaman makna dari istilah yang digunakan, maka di bawah ini akan dijelaskan beberapa definisi istilah tersebut yang dipaparkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Definisi Operasional Istilah

No	Istilah	Definisi
1	Model mental	Konsep dalam pikiran siswa (konsepsi) siswa yang digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan fenomena (Jansoon dkk., 2009: 147).
2	Level makroskopik	Level kongkret (nyata) yang berhubungan dengan objek yang bisa diamati oleh indra (dapat dilihat, didengar, dan disentuh), Johnstone;1993 (dalam Chittleborough, 2004: 17).
3	Level submikroskopik	Level abstrak yang berhubungan dengan fenomena yang diamati pada level makroskopik yang ditandai dengan konsep, teori, dan prinsip yang digunakan untuk menjelaskan apa yang terjadi pada level atom/ molekuler dari fenomena makroskopik, Johnstone;1993 (dalam Chittleborough, 2004: 17).
4	Level simbolik	Representasi dari fenomena makroskopik dan submikroskopik dengan menggunakan persamaan kimia, persamaan matematis, dan mekanisme reaksi, Johnstone;1993 (dalam Chittleborough, 2004: 17).
5	Pertanyaan terbuka (<i>open ended question</i>)	Pertanyaan yang meminta siswa berpikir lebih dalam untuk memberikan responnya dalam bentuk multijawaban (Ngee, 2008: 27).
6	Representasi	Gambaran/ perwakilan yang digunakan untuk menggambarkan sesuatu, Hughes dkk., 1995 (dalam Chittleborough, 2004: 10).

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis model mental (konsepsi) siswa dari hasil tes pertanyaan terbuka (*open ended question*) yang terdiri atas lima fenomena reaksi redoks dan elektrokimia pada tiga level representasi kimia, serta diperkuat dan diperjelas dengan hasil wawancara yang dilakukan kepada siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Kesimpulan Khusus

- a. Model mental (konsepsi) siswa untuk pertanyaan pertama pada fenomena kespontanan reaksi redoks cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”. Sementara itu, untuk pertanyaan kedua pada fenomena kespontanan reaksi redoks, model mental (konsepsi) siswa cenderung berada pada indikator penilaian model mental “lengkap”. Siswa telah mampu memahami ide yang kompleks lebih baik ketika diminta menghubungkan level makroskopik dan level submikroskopik kedalam bentuk persamaan reaksi dan perhitungan matematis.
- b. Model mental (konsepsi) siswa untuk pertanyaan pertama pada fenomena sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu, cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”. Sementara itu, untuk pertanyaan kedua pada fenomena sel Volta dengan elektrode Zn dan Cu, model

mental (konsepsi) siswa cenderung berada pada indikator penilaian model mental “lengkap”. Siswa telah mampu memahami ide yang kompleks lebih baik ketika diminta menghubungkan level makroskopik dan level submikroskopik kedalam bentuk persamaan reaksi dan perhitungan matematis.

- c. Model mental (konsepsi) siswa untuk pertanyaan pertama pada fenomena elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert, cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”. Begitu juga untuk pertanyaan kedua pada fenomena elektrolisis larutan NaCl dengan elektrode inert, model mental (konsepsi) siswa cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”.
- d. Model mental (konsepsi) siswa untuk pertanyaan pertama pada fenomena elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif, cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”. Sementara itu, untuk pertanyaan kedua pada fenomena elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektrode aktif, model mental (konsepsi) siswa cenderung berada pada indikator penilaian model mental “lengkap”. Siswa telah mampu memahami ide yang kompleks lebih baik ketika diminta menghubungkan level makroskopik dan level submikroskopik kedalam bentuk persamaan reaksi dan perhitungan matematis.
- e. Model mental (konsepsi) siswa untuk pertanyaan pertama pada fenomena penyepuhan kunci besi dengan tembaga murni, cenderung berada pada indikator penilaian model mental “miskonsepsi”. Sementara itu, untuk

pertanyaan kedua pada fenomena penyepuhan kunci besi dengan tembaga murni, model mental (konsepsi) siswa cenderung berada pada indikator penilaian “tidak ada model mental”.

2. Kesimpulan Umum

Persentase ketuntasan siswa yang masih rendah pada materi reaksi redoks dan elektrokimia, yaitu berada dibawah persentase ketuntasan ideal (100 %) untuk tiga tahun pelajaran terakhir di SMA Negeri 2 Batusangkar, disebabkan karena hal berikut ini.

- a. Ketidakmampuan siswa dalam menghubungkan setiap fenomena dan konsep kimia yang dipelajarinya pada tiga level representasi kimia, yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik.
- b. Guru belum menampilkan gambar submikroskopik dari fenomena kespontanan reaksi redoks, sel Volta, elektrolisis larutan baik dengan elektrode inert dan non-inert, serta penyepuhan baik melalui media berbasis komputer maupun berbasis cetakan.

B. Implikasi

Hasil analisis dan kesimpulan mengenai model mental (konsepsi) siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar pada lima fenomena reaksi redoks dan elektrokimia dapat dijadikan sebagai pedoman dalam pembelajaran reaksi redoks dan elektrokimia kedepannya agar mengacu pada tiga level representasi kimia, yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik supaya model

mental (konsepsi) siswa dapat berkembang dan pemahaman konsep siswa lebih utuh (holistik). Pemahaman siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia merupakan dasar/ prasyarat untuk memahami materi-materi yang terdapat pada beberapa mata pelajaran seperti Kimia Anorganik, Kimia Organik, Kimia Fisik, Ilmu Lingkungan serta Biokimia yang dipelajari pada jenjang perkuliahan nantinya oleh siswa. Hal itu karena menurut Gilbert dan Treagust (2009: 57) dua faktor penyebab kegagalan siswa membentuk sebuah pengetahuan, yaitu (1) tidak mampunya siswa menghubungkan pengetahuan yang sudah ada dengan informasi baru atau tidak menguasai materi prasyarat, dan (2) ketidakmampuan siswa dalam menghubungkan level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik pada tiga level representasi kimia dalam menjelaskan fenomena kimia.

C. Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai model mental (konsepsi) siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar untuk tiga level representasi kimia dapat disarankan beberapa hal berikut ini.

1. Bagi Guru Kimia SMA Negeri 2 Batusangkar

- a. Disarankan agar guru meninjau kembali konsep atom, ion, dan molekul sebelum menjelaskan materi reaksi redoks dan elektrokimia di kelas XII. Hal itu karena konsep ini cenderung tidak dipahami siswa dan tidak pada konsep sains/ ilmiah. Jika konsep siswa mengenai atom dan ion ini sudah

sesuai dengan konsep sains, maka mereka tidak akan kesulitan dalam menjelaskan fenomena kespontanan reaksi redoks dan sel Volta.

- b. Disarankan agar guru memperbaiki dan meningkatkan kualitas proses pembelajaran untuk konsep oksidasi, oksidator, reduksi, reduktor, zat yang teroksidasi, zat yang tereduksi pada sel elektrolisis serta jembatan garam pada sel Volta karena siswa cenderung mengalami miskonsepsi pada konsep-konsep tersebut. Dengan memperbaiki konsep siswa yang miskonsepsi, maka akan mendukung pemahaman siswa untuk memahami konsep yang lebih kompleks.
- c. Tidak hanya melakukan pembelajaran yang mengacu pada tiga level representasi kimia, guru sebaiknya juga membuat instrumen penilaian pemahaman siswa yang mengaplikasikan tiga level representasi kimia. Hal itu karena dari hasil wawancara dengan siswa diperoleh suatu kesimpulan bahwa siswa merasa senang diberikan soal yang disertai gambar-gambar fakta hasil percobaan dan gambar pada level atom/molekuler (submikroskopik) dari suatu fenomena walaupun mereka masih kesulitan dalam memahami konsep pada level submikroskopik tersebut. Sehingga nantinya diharapkan model mental (konsepsi) siswa dapat berkembang untuk menghasilkan pemahaman yang utuh dan mendalam mengenai konsep kimia dalam setiap fenomena.
- d. Guru sebaiknya berusaha merancang media baik berbasis komputer ataupun berbasis cetakan untuk menampilkan konsep pada level submikroskopik dari tiga level representasi kimia seperti yang telah

diberikan guru pada konsep elektrolisis lelehan CuCl_2 melalui charta, karena dari hasil penelitian ditemukan bahwa level berpikir siswa kelas XII IPA SMA Negeri 2 Batusangkar dominan berada pada level simbolik. Siswa cenderung mengalami miskonsepsi pada soal yang mengukur level berpikir pada level atom/ molekuler (submikroskopik).

2. Bagi Lembaga Pembuat Kurikulum

Lembaga pembuat kurikulum sebaiknya mengaplikasikan tiga level representasi kimia, yaitu level makroskopik, level submikroskopik, dan level simbolik baik untuk dikembangkan pada silabus, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), pembuatan media pembelajaran, dan manual laboratorium. Hal itu karena tiga level representasi kimia merupakan dasar untuk mengajar dan belajar kimia agar model mental (konsepsi) siswa dapat utuh (holistik), berkembang, dan dapat tersimpan dalam memori jangka panjang (*long term memory*).

3. Bagi peneliti lain

Bagi peneliti lain yang ingin mengambil tema penelitian yang sama, sebaiknya pemberian pertanyaan terbuka (*open ended question*) diberikan langsung setelah siswa selesai mempelajari satu subbab materi agar model mental (konsepsi) siswa yang diperoleh merupakan model mental (konsepsi) yang sebenarnya dimiliki siswa. Sehingga, faktor lupa tidak mempengaruhi model mental (konsepsi) siswa terhadap fenomena yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alba, Foghlam. 2012. "Chemistry Open Ended Questions Support Material". *National Qualifications Curriculum Support*: Education Scotland.
- Arikunto, Suharsimi. 2003. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Chang, Raymond. 2005. *Kimia Dasar: Konsep-konsep inti*. Erlangga: PT Gelora Aksara Pratama.
- Chang, Raymond. 2010. *Chemistry, Tenth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Chittleborough, Gail dan Treagust, David F. 2007. "The Modelling Ability on non-Major Chemistry Students and Their Understanding of The Submicroscopic Level". *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3): 274-292.
- Chittleborough, Gail Diane, Treagust, David F dan Mocerino, Mauro. 2002. "Constraints to Development of First Year University Chemistry Students' Mental Models of Chemical Phenomena". *Teaching and Learning Forum*: Focussing on the student.
- Chittleborough, Gail Diane. 2004. "The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Students' Mental Models of Chemical Phenomena". *Thesis*. Curtin University of Technologys.
- De Jong O dan Treagust D. 2002. "The Reading and Learning of Electrochemistry". *Chemical Education: Toward Research-Based Practice*, 317-337.
- Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Pembinaan SMA. 2008. Sistem Penilaian KTSP "Panduan Penyelenggaraan Pembelajaran Tuntas/ Mastery Learning. Jakarta.
- Gilbert, J.K. & Treagust, D. 2009. *Multiple Representations in Chemical Education*. Australia: Springer.
- Gilbert, John K. 2010. "The Role of Visual Representations in the Learning and Teaching of Science: an Introduction". *Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching*, 1(1): 1-19.
- Gilbert, John.K. 2005. *Visualization in Science Education*. Netherlands: Springer.