

KEMAHIRAN VISUALISASI PADA ARAS MIKROSKOPIK DALAM TOPIK
ATOM, MOLEKUL DAN ION

SALINA BINTI ABDULLAH SANGGURO

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

KEMAHIRAN VISUALISASI PADA ARAS MIKROSKOPIK DALAM TOPIK
ATOM, MOLEKUL DAN ION

SALINA BINTI ABDULLAH SANGGURO

Disertasi ini dikemukakan sebagai memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Pendidikan (Kimia)

Fakulti Pendidikan
Universiti Teknologi Malaysia

OGOS 2013

DEDIKASI

Buat

arwah ibu tersayang,
Hajah Muziah Binti Haji Wartam
&
abah tercinta,
Haji Abdullah Sangguro Bin Haji Dohar
Diri kalian kekal menjadi sumber kekuatanku.

Suami yang dihormati dan dikasihi,
Mohamed Feroz Bin Abdul Hamid
Terima kasih Bi atas doa, sokongan dan dorongan tanpa henti.

Anak - anak tersayang,
Muhammad Naqiuddin dan Muhammad Faris Iman
Kalian sumber inspirasi ibu

Adik beradik,
K Ipah, Suria, Siti, Muhammad & Nur
Kalian motivator terbaik

Rakan- rakan seperjuangan;
Mazlena, Zulkefli dan Siti Norashiken
terima kasih atas segala tunjuk ajar dan bantuan daripada kalian.
Kalian adalah sahabat yang terhebat!

PENGHARGAAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Setinggi-tinggi kesyukuran ke hadrat Allah SWT di atas segala rahmat, kasih sayang dan limpah kurniaNYA yang berpanjangan. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w, keluarga dan para sahabat baginda. Alhamdulillah, dengan izin Allah desertasi ini telah dapat disempurnakan mengikut masa yang telah ditetapkan.

Ucapan setinggi-tinggi terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga buat Dr. Johari Bin Surif selaku penyelia, pembimbing dan guru yang telah banyak membantu sepanjang proses penyiapan desertasi ini. Segala pertolongan, kesabaran, pengertian, bimbingan, nasihat dan buah fikiran akan terus menjadi pedoman dan ingatan dalam diri dalam meneruskan perjuangan sebagai khalifah di atas muka bumi ini.

Setinggi-tinggi penghargaan buat seluruh warga pensyarah dan kakitangan yang telah memberi tunjuk ajar dan bimbingan berguna sepanjang tempoh pengajian di Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia. Tidak lupa juga buat Bahagian Tajaan, Kementerian Pelajaran Malaysia yang telah menaja pengajian ini serta Pengetua, guru-guru dan pelajar-pelajar yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam penghasilan kajian ini.

Sesungguhnya, hanya rakaman penghargaan dan ucapan terima kasih yang mampu diungkapkan. Ampun dan maaf di atas segala kesilapan yang tidak disengajakan. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang baik buat kalian di dunia dan akhirat. *Jazakallahu khairan.*

ABSTRAK

Pengetahuan kimia perlu didasari dengan tiga aras pengetahuan iaitu makroskopik, mikroskopik dan persimbolan. Dapatan daripada kajian-kajian terdahulu mendapati aras mikroskopik sering kali menjadi masalah kepada pelajar untuk menguasai kimia kerana ia melibatkan pengetahuan dalam bentuk perwakilan dalaman dan perwakilan luaran. Justeru, kajian ini dijalankan bagi mengkaji (i) tahap penguasaan pelajar terhadap tajuk atom, molekul dan ion; (ii) tahap penguasaan pelajar terhadap ketiga-tiga aras pengetahuan; dan (iii) pola kemahiran visualisasi yang digunakan pelajar dalam menguasai aras mikroskopik. Ujian Tahap Penguasaan Aras Pengetahuan (UTPAP) telah digunakan bagi menentukan tahap penguasaan pelajar manakala kaedah temubual bersemuka pula digunakan bagi mengenal pasti pola kemahiran visualisasi pelajar. Kajian ini telah melibatkan 301 orang pelajar Tingkatan 4 yang mengambil subjek kimia dengan pencapaian pelbagai dalam subjek Sains semasa Penilaian Menengah Rendah (PMR) tahun 2012. Seramai enam orang pelajar telah ditemubual berdasarkan pencapaian tertinggi dalam UTPAP. Markah UTPAP dianalisis dalam bentuk min peratus dan juga sisihan piawai. Data temubual pula dianalisis dengan menggunakan Model Interaktif Analisis Data Kualitatif (Miles & Huberman, 1994). Berdasarkan kajian, tahap penguasaan pelajar adalah lemah dalam tajuk atom, molekul dan ion. Kajian turut mendapati tahap penguasaan pelajar pada aras makroskopik adalah sederhana manakala tahap penguasaan pelajar pada aras mikroskopik dan persimbolan pula adalah lemah. Kerangka alternatif turut ditemui dalam ketiga-tiga aras pengetahuan. Analisis temubual mendapati terdapat tiga jenis pola kemahiran visualisasi yang digunakan pelajar dalam menguasai aras mikroskopik iaitu pola visualisasi primer, pola visualisasi sekunder dan pola visualisasi tertier.

ABSTRACT

Knowledge of chemistry needs to be based on three levels of understanding namely macroscopic, microscopic, and symbol. From previous studies, understanding microscopic level is often a problem for student to becoming competent in chemistry because it involves an understanding of internal and external representation. Thus, this study aims to examine (i) the level of students competency in understanding atoms, molecules and ions; (ii) the level of students comprehension of the three basic levels of knowledge; and (iii) the pattern of students' visualization skills in an understanding of the microscopic level. The Test of Knowledge Level Mastery (UTPAP) was used to determine the level of students' understanding and face to face interviews was employed to ascertain the patterns of students visualization skills. This study involved 301 form 4 students who sat for chemistry with various achievements in the science subject for PMR 2012. Six students with the highest achievements in UTPAP were chosen for the interview. UTPAP marks were analysed in the form of mean percentage and standard deviation. The data for the interview was analysed using the Interactive Qualitative Data Analysis Model (Miles & Huberman, 1994). Based on the study, the student competency is weak in the topic of atoms, molecules and ions. Studies also showed that the level of students' competency in the macroscopic level was moderate whereas the students level in microscopic and symbolizing was weak. Alternative framework was also found in the three levels of knowledge. From the analysis of the interview, there are three patterns of visualization skills that was used by the students in understanding of microscopic level which are primary visualization pattern, secondary visualization pattern and tertiary visualization pattern.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI SINGKATAN	xv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latar Belakang Kajian	3
	1.2.1 Masalah dalam Pembelajaran Kimia	4
	1.2.2 Kesukaran menguasai Aras Mikroskopik	5
	1.2.3 Atom, Molekul dan Ion	6
	1.2.4 Kemahiran Visualisasi untuk menguasai Aras Mikroskopik	7
	1.3 Penyataan Masalah	11
	1.4 Objektif Kajian	12

1.5	Persoalan Kajian	13
1.6	Kerangka Konsep Kajian	13
1.7	Kepentingan Kajian	14
1.8	Batasan Kajian	16
1.9	Definisi Operasional	16
1.9.1	Visualisasi	16
1.9.2	Pendidikan Kimia	17
1.9.3	Perwakilan Dalaman	17
1.9.4	Perwakilan Luaran	18
1.9.5	Aras Makroskopik	18
1.9.6	Aras Mikroskopik	19
1.9.7	Aras Persimbolan	19
1.9.8	Atom, Molekul dan Ion	20
1.9.8.1	Atom	20
1.9.8.2	Molekul	20
1.9.8.3	Ion	21
1.10	Penutup	21
2	KAJIAN LITERATUR	
2.1	Pengenalan	22
2.2	Visualisasi	22
2.3	Kesukaran menguasai Aras Mikroskopik dan Aras Persimbolan	24
2.3.1	Menvisualkan Zarah	25
2.4	Kepentingan Visualisasi dalam Pendidikan Kimia	29
2.4.1	Membangunkan Metakognitif Pelajar	30
2.4.2	Metavisualisasi dalam Pendidikan Kimia	32
2.5	Visualisasi dalam Pendidikan Kimia	35
2.5.1	Kemahiran Visualisasi dalam Pendidikan Kimia	37
2.6	Makroskopik, Mikroskopik dan Persimbolan	39
2.7	Teori Pembangunan dan Perkembangan Visualisasi	41
2.7.1	Teori Dwi Pengkodan (<i>Dual Coding Theory</i>)	43

2.7.2	Teori Konstruktivisme Kognitif	45
2.7.3	Rumusan	48
2.8	Model Pemrosesan Maklumat	49
2.8.1	Model Memori Atkinson & Shiffrin (1968)	49
2.8.2	Rumusan	51
2.9	Penutup	52
3	METODOLOGI KAJIAN	
3.1	Pengenalan	53
3.2	Reka Bentuk Kajian	53
3.3	Sampel Kajian	57
3.4	Kaedah Pengumpulan Data	57
3.4.1	Ujian	58
3.4.2	Temubual	59
3.5	Instrumen Kajian	60
3.5.1	Instrumen Ujian	60
3.5.2	Soalan Temubual Separa Struktur	63
3.6	Etika Kajian	65
3.7	Kesahan dan Kebolehpercayaan	66
3.7.1	Kesahan	67
3.7.2	Kebolehpercayaan	68
3.7.2.1	Kebolehpercayaan terhadap Skor Ujian	69
3.8	Analisis Data	70
3.8.1	Ujian	72
3.8.2	Temubual	73
3.8.2.1	Analisis Temubual	74
3.9	Rumusan	84
4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	85
4.2	Tahap Penguasaan Pelajar	85
4.2.1	Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion	86

4.2.2	Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Makroskopik	87
4.2.3	Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Mikroskopik	89
4.2.4	Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Persimbolan	92
4.3	Pola Kemahiran Visualisasi yang digunakan Pelajar untuk Menguasai Aras Mikroskopik	95
4.3.1	Pola dalam Proses Visualisasi	95
4.3.1.1	Pola Visualisasi Primer	96
4.3.1.2	Pola Visualisasi Sekunder	100
4.3.1.3	Pola Visualisasi Tertier	105
4.4	Rumusan	112
5	RUMUSAN, IMPLIKASI DAN CADANGAN LANJUTAN	
5.1	Pengenalan	113
5.2	Rumusan	113
5.2.1	Apakah Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion?	113
5.2.2	Apakah Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Makroskopik?	114
5.2.3	Apakah Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Mikroskopik?	114
5.2.4	Apakah Tahap Penguasaan Pelajar terhadap Konsep Atom, Molekul dan Ion pada Aras Persimbolan?	115

5.2.5	Apakah Pola yang digunakan Pelajar bagi menguasai Kemahiran Visualisasi pada Aras Mikroskopik?	115
5.3	Implikasi Kajian	116
5.3.1	Mengintegrasikan Aras Pengetahuan Makroskopik, Mikroskopik dan Persimbolan	116
5.3.2	Memperkasakan Sistem Penyampaian dan Pentaksiran Ilmu di Sekolah	117
5.3.3	Pemantapan Buku Teks	118
5.4	Cadangan Kajian Lanjutan	119
5.5	Rumusan	121
	RUJUKAN	122
	Lampiran A-M	137-261

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	HALAMAN
2.1	Jenis visualisasi serta kebaikan & kekurangannya	42
3.1	Jadual Penentu Ujian (JPU)	61
3.2	Gred markah SPM	64
3.3	Koefisian alpha Cronbach	69
3.4	Kategori tahap pencapaian responden	72
3.5	Data demografi bagi responden temubual	77
3.6	Durasi rakaman temubual bagi setiap responden	77
3.7	Kod kemahiran visualisasi serta perinciannya mengikut kategori	79
3.8	Paparan data bagi temubual mengikut kategori dalam kemahiran visualisasi	81
3.9	Ringkasan kemahiran visualisasi yang dimiliki oleh R2, R3 dan R4	82
3.10	Ringkasan kemahiran visualisasi yang dimiliki oleh R1 dan R5	83
3.11	Ringkasan kemahiran visualisasi yang dimiliki oleh R6	83
4.1	Ringkasan dapatan analisis UTPAP	86
4.2	Ringkasan dapatan analisis UTPAP pada aras makroskopik	88
4.3	Pengkonsepan pelajar terhadap konsep resapan	89
4.4	Ringkasan dapatan analisis UTPAP pada aras mikroskopik	90
4.5	Pengkonsepan pelajar terhadap konsep penyejatan	91
4.6	Ringkasan dapatan analisis UTPAP pada aras persimbolan	93
4.7	Pengkonsepan pelajar terhadap konsep pembentukan persamaan kimia	94

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	HALAMAN
1.1	Pergerakan molekul semasa proses keterlarutan garam dalam air	9
1.2	Model satu molekul gas hidrogen	11
1.3	Kerangka konsep kajian	14
2.1	Lengkung pemanasan bagi naftalena	27
2.2	Perubahan haba mempengaruhi tenaga kinetik zarah	28
2.3	Kemahiran metavisualisasi dalam pembinaan pengetahuan pelajar	33
2.4	Metavisualisasi - Visualisasi x Metakognitif	34
2.5	Model pembelajaran terhadap kefahaman konseptual dalam kimia	40
2.6	Tindak balas kimia yang menggunakan tiga aras kefahaman	41
2.7	Teori Dwi Pengkodan (<i>Dual Coding Theory</i>)	43
2.8	Sistem konseptual dan visual dalam Teori Dwi Pengkodan: Penjelasan tentang formula umum bagi alkana	45
2.9	Proses Equilibrasi	47
2.10	Model Memori Atkinson & Shiffrin (1968)	50
3.1	Reka bentuk kajian	56
4.1	Pola Visualisasi Primer	97
4.2	Gambarajah molekul air dan molekul sirap	99
4.3	Pola Visualisasi Sekunder	101
4.4	Campuran molekul air dan molekul sirap	102
4.5	Pengkonsepan sebenar bagi air sirap pada aras mikroskopik	103

4.6	Pola Visualisasi Tertier	106
4.7	Molekul air	107
4.8	Kerangka alternatif pada lukisan zarah dalam keadaan cecair	111
5.1	Integrasi ketiga-tiga aras pengetahuan dengan kemahiran visualisasi	117

SENARAI SINGKATAN

BBM	-	Bahan Bantu Mengajar
BPPDP	-	Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan
JPN	-	Jabatan Pelajaran Negeri
JPU	-	Jadual Penentu Ujian
KBSM	-	Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah
KPM	-	Kementerian Pelajaran Malaysia
MER	-	<i>Multiple External Representations</i>
OHP	-	<i>Over-Head Transparencies</i>
PISA	-	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PMR	-	Penilaian Menengah Rendah
PPK	-	Pusat Perkembangan Kurikulum
PPK	-	Pengetahuan Pedagogi Kandungan
PTB	-	Protokol Temubual
SPM	-	Sijil Pelajaran Malaysia
UTPAP	-	Ujian Tahap Penguasaan Aras Pengetahuan

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
A	Instrumen UTPAP	137
B	Skema Pemarkahan bagi UTPAP	146
C	Pengesahan Instrumen UTPAP oleh Pakar Bidang	155
D	Pengesahan Instrumen UTPAP oleh Guru Cemerlang	159
E	Protokol Temubual (PTB)	163
F	Surat Kebenaran daripada BPPDP, KPM	168
G	Surat Kebenaran JPN, Sabah	169
H	Surat Permohonan menjalankan Kajian di Sekolah	170
I	Borang Akuan Kesediaan Pelajar	171
J	Markah UTPAP	172
K	Transkrip Temubual & Pengekodan	179
L	Pengurangan Data	230
M	Analisis Perincian Jawapan Responden terhadap Soalan UTPAP	252

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Sistem pendidikan sesebuah negara merupakan tonggak utama dalam melahirkan modal insan yang berkualiti serta mampu melakukan transformasi bagi memenuhi keperluan negara menjelang abad ke-21 (Keluaran Khas Utusan Malaysia, 2012). Transformasi yang telah dilalui oleh sistem pendidikan di Malaysia sepanjang lima dekad yang lalu telah menambah baik sistem sedia ada selaras dengan Falsafah Pendidikan Kebangsaan yang mahu supaya potensi individu diperkembangkan secara menyeluruh dan bersepadu bagi melahirkan insan yang seimbang dan harmonis dari segi intelek, rohani, emosi dan jasmani (Pusat Perkembangan Kurikulum, 1988). Namun, transformasi ini masih belum cukup untuk menyaingi prestasi negara-negara lain di dunia. Ini terbukti menerusi dapatan yang diperolehi menerusi Program Penilaian Pelajar Antarabangsa (*Programme for International Student Assessment*) atau PISA 2009 apabila kedudukan Malaysia berada di kelompok sepertiga ke bawah berbanding 74 negara peserta dalam subjek sains (Walker, 2011; dan Metra Syahril, 2012).

Justeru, langkah kerajaan khususnya Kementerian Pelajaran Malaysia (KPM), dalam merancang dan memperkenalkan Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025 dilihat sangat bertepatan demi memastikan rakyat di negara ini tidak ketinggalan sebaliknya mampu berdaya saing sehingga ke peringkat global. Salah satu daripada dua bidang utama yang menjadi fokus dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia adalah menambah baik produktiviti sumber dengan tumpuan

kepada keberhasilan pelajar (Metra Syahril & Assim, 2012) sebagai mana pernyataan berikut:

“.....keutamaan Kementerian Pelajaran dalam proses kajian semula pendidikan ini adalah untuk membina satu kurikulum yang memenuhi piawai antarabangsa dengan menekankan aspek kemahiran kreatif, penyelesaian masalah dan inovasi yang merupakan ramuan utama untuk melahirkan modal insan yang mampu untuk bersaing di peringkat global.”

(Muhyiddin Yassin, 2012)

Timbalan Perdana Menteri merangkap Menteri Pelajaran Malaysia

Kenyataan di atas menjelaskan tentang kualiti modal insan yang dilahirkan amat bergantung kepada keberkesanan kurikulum yang diguna pakai di sekolah. Dalam konteks pendidikan kimia di Malaysia, penggubalan dasar terutama dalam menentukan arah serta hala tuju pendidikan perlu berpandukan kepada Falsafah Pendidikan Sains Negara dengan memberi tumpuan kepada perkembangan individu yang kompetitif, dinamik, tangkas dan berdaya tahan serta dapat menguasai ilmu sains dan berketerampilan teknologi (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2012).

Tanpa penguasaan ilmu dan kemahiran yang secukupnya, negara tidak mungkin berkeupayaan untuk bersaing di peringkat antarabangsa dalam kemajuan sains dan teknologi (Ibrahim, 2012). Menurut Johnstone (1991), penguasaan terhadap pengetahuan ilmu sains yang merangkumi subjek kimia, fizik dan biologi perlu didasari dengan tiga aras pengetahuan yang utama iaitu makroskopik, mikroskopik dan simbol. Tanpa rangkuman ketiga-tiga aras ini, sudah tentu sains menjadi salah satu subjek yang amat sukar untuk dikuasai oleh pelajar (Reid & Yang, 2002; dan Skamp, 2009).

Penguasaan pelajar dalam memahami prinsip serta konsep merupakan perkara penting dalam pembelajaran sains (Johari *et al.*, 2007a). Namun, pemahaman berhubung konsep serta prinsip-prinsip dalam sains adalah bahagian yang paling susah untuk dikuasai kerana ia melibatkan penyiasatan fenomena di peringkat mikroskopik; abstrak, kompleks serta tidak dapat dikaji secara langsung (Johnstone, 1993; Gabel, 1999; Van Driel *et al.*, 2002; De Jong & Van Driel, 2004; DeMeo, 2006; dan Sheppard, 2006). Justeru, kemampuan pelajar dalam menerima dan

seterusnya mampu mevisualisasikan kembali konsep-konsep sains dalam bentuk pemahaman mental dilihat sebagai sesuatu yang perlu dalam menangani masalah pembelajaran di peringkat mikroskopik (Gilbert, 2005; dan Rapp, 2005).

Oleh itu, penerapan unsur-unsur terhadap kemahiran visualisasi adalah penting bagi menyeimbangkan proses pemerolehan ilmu kimia yang mengambil kira pemahaman di peringkat makroskopik, mikroskopik dan juga simbol. Jika tidak, pelajar akan menghadapi kesukaran dalam menghubungkan formula-formula molekul, struktur-struktur geometri dan ciri-ciri molekul zarah (Johnstone, 1991). Walau bagaimanapun, di Malaysia kajian berhubung perkara ini masih belum dikaji secara terperinci mengikut topik-topik utama dalam subjek kimia. Oleh itu, penyelidikan berhubung pola kemahiran visualisasi yang digunakan pada aras mikroskopik adalah sesuatu yang perlu demi memastikan penguasaan ilmu berada pada tahap maksimum dalam kalangan pelajar.

1.2 Latar Belakang Kajian

Kimia adalah mata pelajaran berbentuk multi-dimensi serta kompleks (Thomas & McRobbie, 2012) dan memerlukan kemahiran visualisasi yang tinggi (Antonoglou *et al.*, 2006) terutama dalam memahami fenomena di peringkat mikroskopik dan simbol. Cakupannya pula adalah menyeluruh, lengkap dan ianya boleh dibuktikan. Ia meliputi kejadian yang boleh dilihat dengan mata kasar sehinggalah kepada tindak balas yang berbentuk abstrak seperti atom, molekul, elektron, ikatan kimia dan sebagainya (Othman, 2008a). Justeru, tanpa pendekatan dan kaedah penyampaian yang bersesuaian, sudah pasti fakta-fakta dan konsep-konsep abstrak ini sukar untuk difahami sehingga ia boleh membantutkan naluri ingin tahu dalam kalangan pelajar (Othman, 2008a).

Pembelajaran kimia juga dikatakan mencabar kerana pelajar perlu membina kefahaman secara bersepadu menerusi konsep-konsep abstrak yang akhirnya akan menjadi asas kepada pendidikan lanjutan dalam bidang kimia dan juga bidang-

bidang lain (Taber, 2002). Contohnya: konsep dalam bahan (*matter*), ia melibatkan (i) perwakilan bahan dalam bentuk-bentuknya yang tertentu; (ii) perubahan-perubahan bahan dalam tindak balas yang tertentu; dan juga (iii) interaksi bahan berkenaan dengan bahan yang lain (Gilbert & Treagust, 2009). Maka, amatlah perlu bagi pelajar untuk memiliki kebolehan dalam membuat visualiasasi terhadap sifat-sifat zarah, serta simbol-simbol kimia (Dori, 1995) bagi mengelakkan mereka menghadapi kesukaran dalam memahami konsep-konsep, teori-teori dan proses-proses dalam kimia (Brook, 1998).

1.2.1 Masalah dalam Pembelajaran Kimia

Kebanyakan pelajar berusaha untuk mempelajari kimia tetapi mereka tetap gagal untuk menguasainya (Mary, 1992). Ini kerana pemahaman pelajar terhadap tindak balas yang melibatkan aras mikroskopik sering kali menimbulkan konflik dalam pembelajaran kimia (Fan & Geelan, 2012) terutama sekali dalam tajuk-tajuk seperti konsep mol (Bilgin & Karakirik, 2005), asid dan bes (Pabuçcu, 2008), keseimbangan kimia (Çelik *et al.*, 2009), ikatan kovalen (Taber, 2011), keterlarutan bahan (Naah & Sanger, 2012) dan ikatan kimia (Karacop & Doymus, 2012).

Kajian-kajian terdahulu (Bilgin & Karakirik, 2005; Pabuçcu, 2008; Çelik *et al.*, 2009; Taber, 2011; Naah & Sanger, 2012; dan Karacop & Doymus, 2012) turut mendapati bahawa punca wujudnya konflik ini adalah disebabkan oleh kegagalan pelajar terhadap kemahiran visualisasi sehingga mengundang pelbagai bentuk masalah dalam pembelajaran kimia. Tambahan pula, pembelajaran kimia itu sendiri memerlukan pemahaman berbentuk metakognitif yang membolehkan pelajar merungkai dan membina konsep-konsep kimia menerusi pandangan secara makroskopik, mikroskopik dan simbol (Rickey & Stacy, 2000).

Ketiga-tiga faktor ini berkait rapat dengan kemampuan pelajar terhadap penguasaan aras mikroskopik. Jika diteliti, pengetahuan bagi kurikulum kimia didasari dengan tiga aras pengetahuan yang utama iaitu makroskopik, mikroskopik

dan juga simbol (Johnstone, 1991). Kegagalan atau ketidak upayaan pelajar dalam menguasai salah satu aras pengetahuan terutamanya aras mikroskopik akan menimbulkan konflik sehingga memberi bebanan kepada ingatan pelajar (Sirhan, 2007). Selain itu, akan timbul masalah dalam pembentukan konsep-konsep kimia sehingga wujudnya pemahaman konsep yang jauh tersasar daripada idea dan penjelasan saintifik yang sebenar (Nakhleh, 1992). Justeru, penegasan serta perhatian khususnya bagi aras mikroskopik amatlah perlu agar pelajar dapat menguasai kimia dengan mudah.

1.2.2 Kesukaran menguasai Aras Mikroskopik

Pembentukan struktur kognitif bagi kimia adalah sesuatu yang sukar tidak kira di peringkat sekolah menengah mahu pun di peringkat universiti (Nakhleh, 1992). Kajian oleh Hinton & Nakhleh (1999), mendapati bahawa pemahaman pelajar yang mengambil jurusan kimia di universiti (ijazah pertama) adalah baik pada aras makroskopik dan persymbolan tetapi sebaliknya pada aras mikroskopik. Ketidak upayaan mereka ini sudah pasti akan mengganggu kefahaman mereka dalam kimia (Sirhan, 2007). Secara asasnya, pengetahuan kimia dijana berdasarkan tiga aras kefahaman iaitu: makroskopik, mikroskopik dan simbol (Johnstone, 1982; 1991; 1993; dan Skamp, 2009). Namun, transformasi di antara ketiga-tiga aras ini sering kali menimbulkan kesukaran dalam kalangan pelajar khususnya bagi aras mikroskopik (Gilbert, 2005).

Pembelajaran kimia amat bergantung kepada kefahaman pelajar di peringkat mikroskopik. Ia dapat dinilai menerusi persoalan-persoalan berikut: '*Bagaimana molekul terbentuk?*' dan '*Apakah yang dilakukan oleh molekul?*' (Mammino, 2008). Namun, secara realitinya persoalan ini tidak mungkin dapat dijawab secara terus oleh pelajar kerana rupa bentuk molekul itu sendiri adalah abstrak dan tidak terlihat dengan pandangan mata kasar. Kemampuan pelajar dalam membuat visualisasi terutama dalam menghubungkan aras mikroskopik dengan aras-aras pengetahuan yang lain akan dapat membantu pembinaan konsep pembelajaran yang tepat selain dapat meningkatkan keupayaan metakognitif mereka (Johari *et.al*, 2007b). Hasilnya,

kesepaduan dan saling hubung di antara ketiga-tiga aras pengetahuan ini akan dapat membantu pelajar untuk memahami sesuatu fenomena yang berlaku dengan lebih tepat (Johari *et.al*, 2007b).

Ketidakmampuan pelajar untuk membina konsep-konsep lanjutan dalam kimia juga banyak dikaitkan dengan kegagalan mereka dalam menguasai konsep-konsep asas di awal-awal pembelajaran (Nakhleh, 1992). Kesannya, akan wujud pelbagai konsep yang berlawanan dengan konsep-konsep sebenar kimia. Miskonsepsi (Nakhleh, 1992) atau konsep alternatif (*alternate conceptions*) (Mulford & Robinson, 2002) adalah mana-mana konsep yang wujud melalui pemahaman oleh pelajar itu sendiri tetapi ianya berbeza dan bersalahan dengan kefahaman saintifik yang sebenar (Usta & Ayas, 2010). Justeru, penguasaan aras mikroskopik dalam kalangan pelajar amatlah perlu untuk memahami konsep-konsep saintifik (Johari *et al.*, 2007b) khususnya bagi tajuk atom, molekul dan ion.

1.2.3 Atom, Molekul dan Ion

Menurut Nakhleh (1992), kebanyakan pelajar dalam semua peringkat pembelajaran telah berusaha dengan bersungguh-sungguh untuk menguasai kimia tetapi malangnya mereka tetap gagal. Kegagalan mereka ini adalah berpunca daripada ketidak fahaman mereka berhubung konsep-konsep asas dalam kimia yang akhirnya akan membantutkan proses pembelajaran mereka diperingkat kimia lanjutan. Maka, seharusnya pelajar dibekalkan dengan suatu kaedah pembelajaran yang dapat membangunkan perkembangan kognitif mereka secara berterusan dan bermakna selain dapat menghubungkan pengetahuan sedia ada dengan maklumat yang baru diperoleh (Othman, 2008b).

Di Malaysia, konsep-konsep berhubung atom, molekul dan ion telah mula diperkenalkan seawal pembelajaran pelajar di tingkatan empat lagi. Malah, tajuk ini menjadi tajuk kedua setelah tajuk 'Pengenalan kepada kimia' diajar kepada pelajar (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2012). Atom, molekul dan ion adalah tajuk-

tajuk abstrak yang memerlukan penguasaan pelajar terhadap kemahiran visualisasi terutama di peringkat mikroskopik. Malah, kajian-kajian terdahulu (Nakhleh, 1992; dan Mulford & Robinson, 2002) turut menunjukkan bahawa miskonsepsi atau konsep alternatif (*alternate conceptions*) sering kali dihadapi pelajar terutama bagi topik-topik seperti atom, molekul dan ion. Justeru, tidak hairanlah jika pelajar menghadapi kesukaran untuk menguasai konsep-konsep berhubung topik-topik berkenaan.

Atom, molekul dan ion merupakan tajuk-tajuk asas yang perlu dikuasai sebelum pelajar didedahkan dengan tajuk-tajuk lanjutan kimia seperti tidak balas-tindak balas kimia, larutan, keseimbangan kimia, keterlarutan bahan, perubahan keadaan jirim dan sebagainya (Şeker, 2006). Maka, amatlah perlu bagi pelajar memiliki kemahiran menvisual stuktur-stuktur atom, molekul dan ion bagi memudahkan, menyokong dan memantapkan penguasaan mereka terhadap ilmu asas dalam kimia (Dori & Barak, 2000). Justeru, penerokaan berhubung kemahiran visualisasi terhadap konsep-konsep berhubung atom, molekul dan ion amatlah perlu bagi mengenal pasti masalah yang menyekat penguasaan pelajar dalam tajuk ini.

1.2.4 Kemahiran Visualisasi untuk menguasai Aras Mikroskopik

Kesukaran pelajar dalam memahami kimia sehingga wujudnya miskonsepsi dalam kalangan mereka adalah berpunca daripada kegagalan mereka dalam menguasai aras mikroskopik serta perwakilannya dalam bentuk simbol (Sirhan, 2007; Taber, 2011; Naah & Sanger, 2012; dan Karakop & Doymus, 2012). Menurut Luisi & Thomas (1990), kegagalan pelajar untuk memahami aras mikroskopik seperti mana yang dikehendaki sudah pasti akan mengundang pelbagai masalah dalam pembelajaran kimia.

Pemahaman berhubung konsep-konsep dalam kimia amat memerlukan kemahiran visualisasi yang tinggi (Vavra *et al.*, 2011). Visualisasi adalah kebolehan minda dalam mengimajinasi atau membuat bayangan berhubung sesuatu fenomena

melalui penggunaan pancaindera khususnya mata, memori dan minda sama ada sedar mahu pun di bawah sedar (Mohd Azhar *et al.* 2004). Tufte (2001) pula, mendefinisikan visualisasi sebagai apa yang dilihat dan boleh memberi kesan kepada pemikiran seseorang. Menurut Gilbert (2010), ontologi bagi visualisasi terbahagi kepada dua bahagian iaitu perwakilan dalaman (*internal representations*) dan perwakilan luaran (*external representations*). Kesepaduan yang wujud di antara perwakilan dalaman dan perwakilan luaran menjadi asas kepada ketiga-tiga aras pengetahuan (makroskopik, mikroskopik dan simbol) dalam pembelajaran kimia (Gilbert & Treagust, 2009).

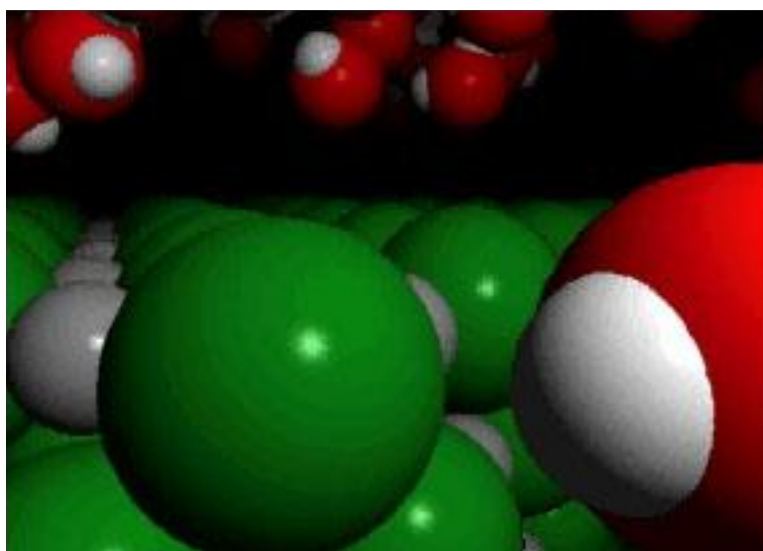
Perwakilan dalaman merupakan imej mental dalam diri seseorang yang tidak dapat diakses oleh orang lain kecuali dirinya sendiri (Rapp & Kurby, 2008; dan Gilbert, 2010). Menurut Rapp & Kurby (2008), perwakilan dalaman terbahagi kepada tiga kategori iaitu; (i) ingatan visual (*visual memory*); (ii) imej visual (*visual imagery*); dan (iii) perwakilan pengetahuan (*knowledge representations*). Kebolehan seseorang individu dalam menghubungkan konsep sedia ada dengan konsep yang baru diterima akan memberi pengetahuan baru dalam diri seseorang dan hubungan ini akan membentuk perwakilan dalaman dalam diri pelajar. Dalam konteks kajian ini, perwakilan pengetahuan mempunyai kaitan rapat terhadap pembentukan 'skema' dalam diri pelajar.

Perwakilan luaran pula adalah imej visual yang bukan sahaja dapat diakses oleh diri individu tersebut malah ianya dapat diakses oleh diri orang lain. Perwakilan luaran merupakan salah satu cara yang dapat menghubungkan jurang di antara pemahaman konkrit dengan pemahaman abstrak (Mammino, 2008). Ia dapat menjelaskan secara efektif kesukaran di peringkat mikroskopik dan persimbolan yang tidak dapat dijelaskan menerusi penggunaan buku teks. Penggunaan perwakilan luaran bermula apabila OHP (*over-head transparencies*) mula digunakan kemudian, selaras dengan perkembangan teknologi; MER (*multiple external representations*) pula digunakan secara meluas (Gilbert, 2008a).

Aplikasi MER adalah meliputi penggunaan video, bahan-bahan 2D dan 3D, model perisian komputer dan sebagainya (Gilbert, 2008a). Penggunaan teknologi

(MER) sebagai alat bantu dalam pembelajaran dilihat dapat membantu pelajar dalam menguasai aras mikroskopik dan persymbolan di samping tidak meminggirkan pemahaman mereka pada aras makroskopik (Wu *et al.*, 2001). Penggunaan teknologi terutamanya animasi dalam pembelajaran kimia dapat menghubungkan pengetahuan baru dengan pengetahuan sedia ada pelajar (Tasker & Dalton, 2005).

Pemahaman pada aras mikroskopik amat memerlukan penguasaan pelajar dalam membuat visualisasi (Tasker & Dalton, 2006). Dalam konteks pembelajaran kimia, kemahiran visualisasi perlu dilihat menerusi aspek mengimajinasi (Charistos *et al.*, 2003), lukisan zarah-zarah (Hoffmann, 2003), pembentukan analogi-analogi (Wu *et al.*, 2001) dan pembentukan model-model (Briggs & Bodner, 2005). Kesemua aspek di atas diperlukan untuk mevisualisasi konsep-konsep saintifik serta hubungannya dengan konsep-konsep yang lain (Falvo, 2008). Rajah 1.1 menunjukkan gambar rajah molekul semasa proses keterlarutan garam dalam air.



Rajah 1.1: Pergerakan molekul semasa proses keterlarutan garam dalam air.

Sumber diambil daripada *Animations and Simulations for Teaching and Learning Molecular Chemistry* oleh Falvo (2008) di muka surat 69.

Berdasarkan Rajah 1.1, pelajar perlu membuat imaginasi bagi memahami proses keterlarutan garam. Ia melibatkan pergerakan molekul-molekul garam dalam air yang tercerai lalu membentuk ion-ion (Na^+ dan Cl^-). Ion-ion garam akan bertindak balas dengan ion-ion air (H^+ dan OH^-) lalu membentuk sebatian yang larut dalam air.

Kegagalan pelajar dalam membuat visualisasi (gambaran mental) secara imaginasi seperti mana contoh di atas akan merencatkan proses pembelajaran pelajar pada aras mikroskopik (Falvo, 2008).

Analogi adalah salah satu komponen kemahiran dalam visualisasi yang boleh digunakan bagi menjelaskan konsep-konsep saintifik. Ia melibatkan penyatuan dua struktur domain yang berbeza dengan memperlihatkan ciri-ciri persamaan (Şeker, 2006). Menurut Duit (1991) pula, analogi adalah kaedah yang biasa digunakan dalam proses pembelajaran bagi menjelaskan konsep-konsep saintifik yang tidak diketahui. Ia merangsang pembentukan pengetahuan pelajar melalui pengarah minda ke arah dimensi pengetahuan yang baru melalui penggunaan konsep-konsep yang telah sedia ada dalam pemikiran. Kajian oleh Sarantopoulos & Tsaparlis (2004) turut mendapati analogi dapat membantu dalam memperkaya pengetahuan tentang konsep-konsep kimia pada aras mikroskopik terutama bagi pelajar berprestasi rendah.

Menurut Chittleborough & Treagust (2007), penjelasan secara makroskopik terutama berkaitan tingkah laku zarah amat sukar dilakukan kerana ia tidak dapat dilihat dengan mata kasar. Justeru, kaedah melukis bentuk-bentuk zarah oleh pelajar dapat membantu meningkatkan kemahiran visualisasi mereka. Kajian oleh Schank & Kozma (2002) menunjukkan bahawa kaedah lukisan zarah-zarah melalui penggunaan perisian *Chemsense* telah dapat meningkatkan kebolehan pelajar terhadap pemahaman konsep-konsep kimia. Selain itu, penggunaan persimbolan dalam bentuk model-model akan turut membantu dalam meningkatkan kefahaman berhubung konsep-konsep kimia selain dapat membangunkan kefahaman visualisasi mental pelajar (Kozma & Russell, 1997). Rajah 1.2 menunjukkan model molekul bagi gas H₂.



Rajah 1.2: Model satu molekul gas hidrogen.

Sumber diambil daripada *Buku Teks Kimia Tingkatan 4 KBSM* oleh Low *et al.*, (2011) di muka surat 12.

Bagi meningkatkan aras kefahaman mikroskopik dalam kalangan pelajar, tumpuan khusus perlu diberikan bagi meningkatkan kemahiran-kemahiran dalam visualisasi. Kemahiran seperti mengimajinasi, lukisan zarah-zarah, pembentukan analogi-analogi dan pembentukan model-model akan dapat meningkatkan tahap perwakilan dalaman dan perwakilan luaran pelajar. Oleh itu, pelajar perlu dimungkinkan supaya boleh mengaplikasi kemahiran-kemahiran di atas bagi membantu mereka menguasai aras mikroskopik.

1.3 Penyataan Masalah

Visualisasi adalah suatu kemahiran yang perlu bagi membantu pembentukan kemahiran metakognitif dalam kalangan pelajar (Gilbert, 2005) khususnya bagi subjek kimia. Terdapat beberapa kajian (Stieff *et al.*, 2005; Kozma & Russell, 2005; Savec *et al.*, 2005; Naah & Sanger, 2012; Karakop & Doymus, 2012; dan Corradi *et al.*, 2012) berhubung penggunaan alat visualisasi (*visualization tools*) dalam pendidikan kimia yang dilihat mampu memangkinkan aras pengetahuan pelajar di peringkat mikroskopik dan juga simbol.

Namun, kajian-kajian berhubung kemahiran visualisasi dalam pendidikan kimia khususnya topik-topik berkaitan atom, molekul dan ion masih belum diterokai secara spesifik. Kebanyakan kajian-kajian terdahulu hanyalah menjurus kepada penggunaan perwakilan luaran yang merupakan salah satu komponen penting dalam visualisasi. Justeru, kajian ini dijalankan bagi mengenal pasti pola berhubung kemahiran visualisasi pelajar bagi tajuk-tajuk awal kimia selain melihat kemampuan pelajar dalam menterjemah pemahaman mereka terutama yang melibatkan aras pengetahuan mikroskopik dan juga persimbolan. Kajian ini turut mengkaji penguasaan pelajar terhadap perwakilan dalaman dan juga perwakilan luaran khususnya bagi tajuk atom, molekul dan juga ion.

1.4 Objektif Kajian

Kajian ini dijalankan bagi mencapai objektif-objektif berikut:

- (i) Mengetahui tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion.
- (ii) Mengetahui tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras makroskopik.
- (iii) Mengetahui tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras mikroskopik.
- (iv) Mengetahui tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras persimbolan.
- (v) Mengetahui pola kemahiran visualisasi pada aras mikroskopik yang telah digunakan pelajar bagi menguasai tajuk atom, molekul dan ion.

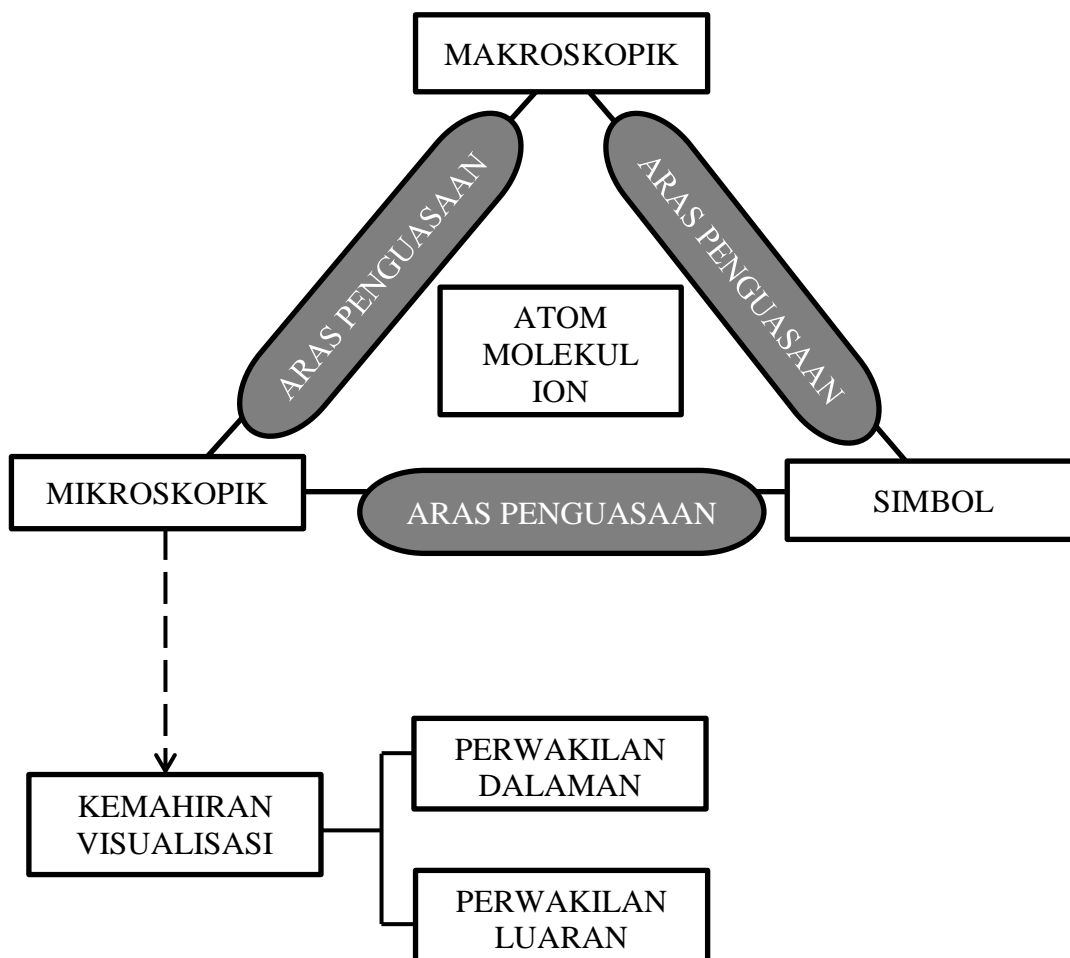
1.5 Persoalan Kajian

Kajian ini dijalankan bagi mencari jawapan kepada persoalan-persoalan berhubung eksploratori permasalahan terhadap kemahiran visualisasi dalam tajuk atom, molekul dan ion. Berikut merupakan persoalan-persoalan yang dikaji menerusi kajian ini:

- (i) Apakah tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion?
- (ii) Apakah tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras makroskopik?
- (iii) Apakah tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras mikroskopik?
- (iv) Apakah tahap penguasaan pelajar terhadap konsep atom, molekul dan ion pada aras persimbolan?
- (v) Apakah pola kemahiran visualisasi pada aras mikroskopik yang telah digunakan pelajar bagi menguasai tajuk atom, molekul dan ion?

1.6 Kerangka Konsep Kajian

Dalam kajian ini, terdapat tiga pemboleh ubah yang dikaji iaitu aras pengetahuan makroskopik, mikroskopik dan juga persimbolan. Selain itu, kemahiran visualisasi pelajar turut dikaji menerusi penguasaan pelajar terhadap perwakilan dalaman dan juga luaran. Penguasaan pelajar dalam mengaplikasikan kemahiran visualiasasi dilihat menerusi kemampuan pelajar dalam menyelesaikan soalan-soalan pada aras makroskopik, mikroskopik dan juga persimbolan menerusi tajuk atom, molekul dan ion. Hubungan di antara semua komponen dalam kajian ini dapat ditunjukkan seperti dalam Rajah 1.3.



Rajah 1.3: Kerangka konsep kajian

1.7 Kepentingan Kajian

Tranformasi pendidikan di Malaysia khususnya kimia dapat dilihat menerusi penekanannya ke arah pembelajaran bermakna. Ia adalah suatu bentuk pengajaran dan pembelajaran yang berteraskan pembudayaan konstruktivisme yang merangkumi aktiviti *hands-on*, *minds-on* dan *hearts-on*. Kemahiran visualisasi dilihat sebagai sesuatu yang perlu bagi pelajar dalam menghayati dan memahami teori serta prinsip kimia secara makroskopik, mikroskopik dan persimbolan selain turut mendokong teori konstruktivisme. Justeru, kajian ini dilihat akan memberi impak yang besar khususnya kepada pendidikan kimia di Malaysia.

Pelajar merupakan klien yang paling utama dalam dunia pendidikan. Tanpanya, proses pengajaran dan pembelajaran tidak mungkin berlaku. Penggunaan kemahiran visualisasi dalam pembelajaran adalah sesuatu yang perlu dalam menterjemah isi pengetahuan supaya ianya relevan serta seimbang di antara satu aras pengetahuan dengan aras pengetahuan yang lain khususnya pada aras makroskopik, mikroskopik dan juga persimbolan. Justeru, kajian ini dilihat dapat membantu serta memenuhi kepinganan yang wujud dalam merealisasikan kemahiran visualisasi dalam kalangan pelajar. Dapatan kajian ini juga dapat memberi maklum balas secara langsung berhubung kesukaran pelajar dalam menguasai aras makroskopik, mikroskopik dan persimbolan terutama pemahaman yang melibatkan konsep-konsep abstrak terutamanya bagi tajuk atom, molekul dan simbol.

Pendidikan masa kini tidak hanya bergantung kepada pemahaman makroskopik semata-mata malah ia turut merangkumi pemahaman pelajar pada peringkat mikroskopik dan persimbolan. Justeru, kajian ini penting dalam mempromosikan kemahiran visualisasi dalam kalangan guru. Ini kerana guru merupakan tonggak utama dalam menggerakkan pelajar untuk memvisualkan semula pemahaman mereka dalam bentuk imej mental sebelum ditukarkan ke bentuk persimbolan. Dapatan kajian ini bakal membantu guru dalam merancang aktiviti pengajaran yang relevan bagi memangkinkan penerokaan dan penguasaan pelajar di peringkat mikroskopik dan persimbolan yang selama ini di pinggirkan. Selain itu, guru juga dapat merefleks dan menambah baik mutu pengajaran mereka menerusi dapatan yang diperoleh.

Kajian ini juga akan dapat membantu Pusat Perkembangan Kurikulum (PPK) dalam menggubal dan menyediakan '*standard*' bagi mata pelajaran kimia sekolah menengah dengan mengambil kira kemahiran visualisasi sebagai salah satu elemen penting dalam proses pengajaran dan pembelajaran di sekolah. Dapatan ini juga dapat memberi panduan kepada pembuat dasar di peringkat kementerian dalam memperkasa kemahiran visualisasi agar dapat melahirkan generasi yang mampu bersaing diperingkat global. Hasilnya, kualiti pengajaran dan pembelajaran dapat dipertingkatkan dengan memperkukuh amalan terbaik disamping pembudayaan nilai-

nilai baru yang membawa kepada transformasi pendidikan yang relevan dengan arus keperluan hidup masa kini (Muhyiddin Yassin, 2012).

1.8 Batasan Kajian

Kajian ini dibataskan bagi tujuan eksploratori terhadap pola yang digunakan terhadap kemahiran visualisasi dalam konteks pendidikan kimia sahaja. Kajian adalah berbentuk tinjauan dalam bentuk soalan-soalan yang melibatkan aplikasi pengetahuan pada aras makroskopik, mikroskopik dan persymbolan. Selain itu, kajian ini turut mengenal pasti pola kemahiran visualisasi yang melibatkan perwakilan luaran dan juga dalaman. Kajian ini juga hanya dibataskan bagi tajuk atom, molekul dan ion sahaja serta melibatkan para pelajar tingkatan empat aliran sains tulen yang mengambil subjek kimia. Responden adalah terdiri daripada para pelajar yang telah menduduki peperiksaan Penilaian Menengah Rendah (PMR) bagi tahun 2012 dengan memperoleh pencapaian yang pelbagai dalam subjek sains.

1.9 Definisi Operasional

Bahagian ini menjelaskan tentang istilah-istilah utama yang banyak digunakan di dalam kajian ini. Definisi bagi setiap istilah yang diberi adalah relevan bagi konteks kajian ini sahaja.

1.9.1 Visualisasi

Menurut Mohd Daud (2001), visualisasi adalah pembentukan gambaran mental yang mengambil kira keupayaan seseorang untuk membayangkannya semula dalam pelbagai dimensi serta sudut menurut pemahamannya sendiri. Ia juga melibatkan proses kognitif yang melibatkan penganalisaan terhadap objek atau

fenomena yang dilihat dan kemudian digambarkan kembali dalam bentuk maya melalui cerapan daripada mindanya sendiri (Johari *et al.*, 2007a). Dalam konteks kajian ini, visualisasi melibatkan keupayaan seseorang untuk membuat perwakilan dalaman menurut pemahamannya dan kemudiannya boleh mewakilkannya dalam bentuk perwakilan luaran melalui hasil cerapan mindanya.

1.9.2 Pendidikan Kimia

Dalam konteks pendidikan kimia di Malaysia, ia bermatlamat untuk melahirkan modal insan yang berpengetahuan, berkemahiran sains serta berteknologi bagi membolehkan mereka menyelesaikan masalah dan membuat keputusan yang relevan dalam kehidupan seharian tanpa meminggirkan sikap saintifik dan nilai murni. Selain itu, ilmu kimia yang diperoleh akan menjadi asas kepada pendidikan lanjutan dalam kimia dan teknologi sama ada secara langsung mahu pun tidak (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2012). Dalam kajian ini, pendidikan kimia merujuk kepada penghasilan pelajar yang berpengetahuan kimia melalui penguasaan ketiga-tiga aras pengetahuan iaitu di peringkat makroskopik, mikroskopik dan persymbolan.

1.9.3 Perwakilan Dalaman

Perwakilan dalaman (*internal representation*) merupakan salah satu komponen dalam kemahiran visualisasi. Perwakilan dalaman merupakan imej mental yang hanya boleh di akses oleh diri individu itu sendiri sahaja (Rapp & Kurby, 2008; dan Gilbert, 2010). Dalam kajian ini, perwakilan dalaman melibatkan pemahaman seseorang individu dalam memproses maklumat yang diperoleh menerusi rangsangan luar (seperti deria) yang kemudiannya dipindahkan dalam bentuk pemahaman mental atau pemikiran kognitif pelajar itu sendiri.

1.9.4 Perwakilan Luaran

Selain daripada perwakilan dalaman, perwakilan luaran (*external representation*) juga merupakan salah satu komponen bagi kemahiran visualisasi. Ia merujuk kepada imej visual yang dapat diakses oleh diri individu tersebut di samping boleh diakses oleh diri orang lain (Gilbert, 2010). Penggunaan teknologi dalam pendidikan contohnya; penggunaan perisian 3-D dapat menunjukkan pergerakan atom-atom, molekul-molekul atau ion-ion dalam sesuatu tindak balas. Pelajar dapat mengakses maklumat ini sama seperti rakan mereka yang lain semasa sesi pengajaran dan pembelajaran guru di dalam kelas. Dalam kajian ini, perwakilan luaran adalah kebolehan pelajar untuk mewakili pemahaman mereka ke dalam bentuk yang boleh diakses oleh dirinya dan orang lain contohnya perwakilan dalam bentuk graf, rajah, penghasilan model-model dan sebagainya.

1.9.5 Aras Makroskopik

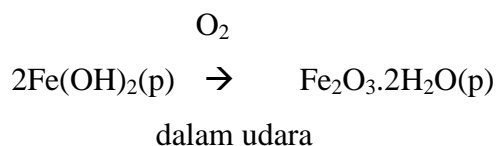
Aras makroskopik adalah merujuk kepada fenomena yang boleh dilihat dan dibuktikan menggunakan penglihatan sama ada secara fizikal mahupun kimia (Skamp, 2009). Selain itu, ia juga boleh didefinisikan sebagai pengalaman yang diperoleh menerusi pemerhatian terhadap persekitaran sama ada di dalam makmal atau pun kejadian yang dilalui dalam kehidupan seharian (Johari *et al.*, 2007a). Contohnya kejadian besi berkarat, pembentukan pelangi, pendidihan air, perubahan warna serta pembentukan mendakan dalam sesuatu tindak balas kimia dan sebagainya. Dalam proses pengajaran, pelajar dapat melihat secara jelas bahagian besi yang berkarat akan bertukar warna menjadi hijau dan akhirnya menjadi perang yang akhirnya akan mereput (Eng *et al.*, 2003).

1.9.6 Aras Mikroskopik

Aras mikroskopik adalah merujuk kepada dunia zarah yang seni serta abstrak dan tidak dapat dilihat menggunakan mata kasar. Ia meliputi atom-atom, ion-ion dan molekul-molekul yang menjadi asas dalam pembelajaran kimia (Johari *et al.*, 2007a). Ia juga mempunyai sifat-sifatnya yang tertentu terutama dari segi pergerakan, tenaga serta ruang yang membezakannya di antara satu zarah dengan zarah yang lain (Skamp, 2009). Contohnya fenomena pembentukan molekul air dalam tindak balas asid dan bes, pergerakan zarah-zarah air dalam proses pembekuan, pendidihan dan sebagainya. Dalam proses pengaratan, tindak balas redoks akan berlaku di mana proses pengoksidaan dan penurunan akan berlaku serentak (Eng *et al.*, 2003). Ia melibatkan proses pelepasan dan penerimaan ion yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar.

1.9.7 Aras Persimbolan

Ia merujuk kepada perwakilan yang dapat menggambarkan fenomena yang berlaku pada aras makroskopik dan mikroskopik (Skamp, 2009). Ia melibatkan simbol-simbol, persamaan-persamaan kimia, graf-graf, formula-formula dan sebagainya (Johari *et al.*, 2007a). Sebagai contoh, menurut Eng *et al.*, (2003) proses pengaratan boleh diwakilkan menerusi persamaan di bawah:



Dalam tindak balas ini, ferum (II) hidroksida (hijau) yang terbentuk telah dioksidakan kepada ferum (III) oksida terhidrat (oren), $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Sebatian inilah yang dikenal sebagai 'karat' pada besi. Persamaan ini mewakili proses redoks yang berlaku pada aras mikroskopik selain dapat menjelaskan bagaimana besi

bertukar warna semasa proses pengaratan melalui perubahan nombor pengoksidaan pada ferum.

1.9.8 Atom, Molekul dan Ion

Atom, molekul dan ion merupakan salah satu komponen yang mesti dipelajari pelajar dalam subjek Kimia Tingkatan Empat sebelum mereka didedahkan dengan topik-topik lanjutan dalam kimia. Tajuk ini termasuk di dalam Bab 2 iaitu Struktur Atom (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2012). Atom, molekul dan ion merupakan zarah-zarah jirim yang halus dan bergerak secara diskrit.

1.9.8.1 Atom

Menurut Tan (2008), atom adalah zarah yang terkecil bagi sebarang unsur. Unsur-unsur tertentu mempunyai jenis-jenis atom yang tertentu dan ia berbeza di antara satu unsur dengan unsur yang lain. Atom adalah neutral tetapi tidak stabil kecuali gas adi. Setiap atom mempunyai zarah-zarah sub-atom yang terdiri daripada elektron, proton dan neutron. Contoh atom adalah atom neon (Ne), atom ferum (Fe) dan atom kalium (K).

1.9.8.2 Molekul

Molekul merupakan suatu kumpulan atom yang terdiri daripada dua atau lebih atom yang bergabung secara kimia. Ia merupakan zarah yang bersifat neutral serta stabil (Tan, 2008). Contohnya; molekul air (H_2O), yang terdiri daripada dua atom hidrogen dan satu atom oksigen.

1.9.8.3 Ion

Ion adalah zarah-zarah yang bercas negatif atau positif dan ia adalah stabil. Ion terhasil apabila sesuatu atom kehilangan elektron atau sesuatu atom menerima elektron daripada luar menerusi proses penerimaan ataupun pendermaan elektron (Tan, 2008). Contohnya ion kalsium (Ca^{2+}), ion magnesium (Mg^{2+}) dan ion oksigen (O^{2-}).

1.10 Penutup

Semua pihak perlu bertanggungjawab dalam mencari, merencana dan membangunkan minda pelajar terutama dalam bidang sains khususnya kimia menerusi kaedah penyampaian pengajaran dan pembelajaran yang lebih baik dan berkesan supaya ianya relevan dengan tahap penerimaan pelajar. Ini selaras dengan kehendak dan keperluan kerajaan dalam membentuk anak bangsa yang mampu bersaing diperingkat global menjelang tahun 2020. Penerokaan penyelidikan berhubung pola kemahiran visualisasi yang digunakan pelajar terhadap tajuk atom, molekul dan ion diharapkan dapat memberi impak dan manfaat yang tak ternilai dalam dunia pendidikan khususnya di Malaysia.

RUJUKAN

- Abas P. G. & Seyedeh M. A. (2011). Paper Title: The Effect of Visual, Auditory, and Kinaesthetics Learning Styles on Language Teaching. *2011 International Conference on Social Science and Humanity*, 26-28 Februari. Singapura. 469-472.
- Abraham, M.R., Williamson, V.M., & Westbrook, S.L. (1994). A Cross-age Study of the understanding Five Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 147-165.
- Adbo, K. & Taber, K. S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish Science Students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786.
- Ahmad Atory Hussain (2004). *Pengantar Statistik: Pendekatan Memahami Statistik Penyelidikan untuk Golongan Sains Sosial*. Kuala Lumpur: Utusan Publications & Distributors Sdn Bhd.
- Alice K., Chong Y.F., Liaw C.C., Viviantian B., Wong L.I. & Na'imah Yusoff (2008). Teori Kognitif dan Implikasi Pengajaran dan Pembelajaran. Dalam Mohd Yusof Abdullah *et al.* (Eds) *Pengetahuan Pedagogi Guru* (muka surat 101-113). Universiti Malaysia Sabah.
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (Age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85.
- Antonoglou L.D., Charistos N.D. & Sigalas M.P. (2006). Design of Molecular Visualization Educational Software for Chemistry Learning. In Thomas B. S. and James I. L. (Eds.) *Leading Edge Educational Technology* (pp 55-81). Nova Science Publishers.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. In K.W. Spence (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Vol. 2 (pp. 89-195). New York: Academic Press.

- Aubusson, P. J., & Fogwill, S. (2006). Role Play as Analogical Modelling in Science. In Aubusson P. J., Harrison A. G., & Ritchie S. M. (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 93-104). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Aydeniz, M. & Kotowski E. L. (2012). What do Middle and High School Students know about the Particulate Nature of Matter after Instruction? Implications for Practice. *School Science and Mathematics*, 112(2), 59-65.
- Azizi Yahaya, Shahrin Hashim, Jamaludin Ramli, Yusof Boon & Abdul Rahim Hamdan (2006). *Menguasai Penyelidikan dalam Pendidikan*. Kuala Lumpur: PTS Professional.
- Baddeley, A. D. (2004). The Psychology of Memory. In Baddeley A.D., Kopelman M.D. & Wilson B.A. (Eds) *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians*. (pp 1-13). John Wiley & Sons.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (2012). *Huraian Sukatan Pelajaran Kimia Tingkatan 4*. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Baird, J. R., Fensham, P. J., Gunstone, R. F. & White R.T. (1991). The Importance of Reflection in Improving Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 163-182.
- Barbe, W. B. & Milone, M. N. (1981). What we know about Modality Strengths. *Educational Leadership*, 38(5), 378-380.
- Bellocchi, A. & Ritchie, S. M. (2011). Investigating and Theorizing Discourse during Analogy Writing in Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 771-792.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). Is an Atom of Copper Malleable? *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1987). Students' Visualization of a Chemical Reaction. *Education in Chemistry*, 24(4), 117-120.
- Bilgin I. & Karakirik E. (2005). A Computer Based Problem Solving Environment in Chemistry. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 4(3), 7-11.
- Bishop, A. J. (1989). Review of Research on Visualization in Mathematics Education. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11(1), 7-16.

- Briggs, M. & Bodner G. (2005). A Model of Molecular Visualization. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 61-72). Netherlands: Springer.
- Brook, D.W. (1988). Science Education Notes: The Teaching of Organic Chemistry in School – Can We Learn from the Kenyan Experience. *School Science Review*, 69(248), 575-578.
- Çalik M. & Ayas A. (2005). A Comparison of Level of Understanding of Eighth-Grade Students and Science Student Teachers Related to Selected Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*. 42(6), 638-667.
- Çelik A.Y., Sağır S. U. & Armağan F.Ö. (2009). The Effect of Students' Perceptions of Nature of Matter on Their Laboratory Attitudes and Their Achievement in Chemical Equilibrium. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1, 607-611.
- Charistos, N. D., Teberekidis V. I., Tshipis C. A. & Sigalas M. P. (2003). Design and Development of a Multimedia Educational Tool for Interactive Visualization and Three-Dimensional Perception of Vibrational Spectra Data of Molecules. *Education and Information Technologies*. 8(4), 369–379.
- Chittleborough, G. & Treagust D. F. (2007). The Modelling Ability of Non-Major Chemistry Students and Their Understanding of the Sub-Microscopic Level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274-292.
- Chua, Y. P. (2006). *Kaedah dan Statistik Penyelidikan: Kaedah Penyelidikan Buku 1*. Kuala Lumpur: McGraw-Hill.
- Chua, Y. P. (2011). *Kaedah dan Statistik Penyelidikan: Kaedah Penyelidikan Buku 1 (Edisi Kedua)*. Kuala Lumpur: McGraw-Hill.
- Clark J. M. & Paivio A. (1991). Dual Coding Theory and Education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
- Clement, J., Zietsman A. & Monaghan J. (2005). Imagery in Science Learning in Students and Experts. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 169 - 184). Netherlands: Springer.
- Cohen L. & Manion L. (1985). *Research Methods in Education*. (2nd ed.). New Hampshire: Croom Helm.
- Cohen L., Manion L. & Morrison K. (2011). *Research Methods in Education (Seventh Edition)*. New York: Routledge.

- Coll, R. K. (2006). The Role of Models, Mental Models and Analogies in Chemistry Teaching. In P. J. Aubusson et al. (eds), *Metaphor and Analogy in Science Education*. (pp 65-77). Netherlands: Springer.
- Corradi D., Elen J. & Clarebout G. (2012). Understanding and Enhancing the Use of Multiple External Representations in Chemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, Springer Science Business Media, LLC 2012.
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (3rd ed.). California: Sage.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research (Fourth Edition)*. Boston: Pearson.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing dan Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- David M. & Sutton C. D. (2011). *Sosial Research : An Introduction (Second Edition)*. Los Angeles: Sage.
- De Jong O. & Van Driel J. (2004). Exploring the Development of Student Teachers' PCK of the Multiple Meanings of Chemistry Topics. *International Journal of Science and Mathematics Educations*, 2, 477 - 491.
- De Jong O., Blonder R., & Oversby (2013). How to Balance Chemistry Education Between Observing Phenomena and Thinking in Models. In I. Eilks & A. Hofstein (eds). *Teaching Chemistry-A Studybook*, (pp 97-126). Sense Publishers.
- Dechsri, P., Jones L. L., & Heikkinen H. (1997). Effect of a Laboratory Manual Design Incorporating Visual Information-Processing Aids on Student Learning and Attitude. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 891-904.
- DeMeo S. (2006). Revisiting Molar Mass, Atomic Mass, and Mass Number: Organizing, Integrating, and Sequencing Fundamental Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 83(4), 617-621.
- Dori, Y. J. (1995). Cooperative Development of Organic Chemistry Computer Assisted Instruction by Experts, Teachers and Students. *Journal of Science Education and Technology*, 4(2), 163-170.

- Dori, Y.J. & Barak M. (2000). Computerized Molecular Modelling: Enhancing Meaningful Chemistry Learning. In Fishman B. & O'Connor-Divelbiss S. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 185-192). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dori, Y. J. & Belcher J. (2005). Learning Electromagnetism with Visualizations and Active Learning. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 187 - 216). Netherlands: Springer.
- Doymus, K. (2008). Teaching Chemical Bonding Through Jigsaw Cooperative Learning. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 47-57.
- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*. 75(6), 649-672.
- Dunn, R. & Dunn, K. (1978). *Teaching Students through their Individual Learning Styles: A Practical Approach*. Prentice Hall, Reston, VA.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-For-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Eng, N. H., Lim, E.W. & Lim, Y. C. (2003). *FOKUS Ungu Masteri SPM Kimia*. Johor Bahru: Penerbitan Pelangi Sdn Bhd.
- Falvo D. A. (2008). Animations and Simulations for Teaching and Learning Molecular Chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4(1), 68-77.
- Fan X. & Geelan D. (2012). A Survey of the Developing Use of Visualizations in Secondary Science Classrooms in China. *ACEC 2012: ITs Time Conference*. 2-5 Oktober. Perth, Australia, 1-4.
- Fielding, J. & Gilbert, N. (2006). *Understanding Sosial Statistics (Second Edition)*. London; SAGE Publications.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The Nature of Intelligence*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 231-236.
- Gabel, D. L., (1999). Improving Teaching and Learning Through Chemistry Education Research: A Lock to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Gabel, L.D., Samuel, K.V., & Hunn, D. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.

- Gabel, D. L., Sherwood, R., & Enochs, L. (1984). Problem-solving Skills of High School Chemistry Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 221-233.
- Gilbert, J. K. (2010). The Role of Visual Representations in the Learning and Teaching of Science: An Introduction. *Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1) Foreword, 1-19.
- Gilbert J. K. (2008a). Section C: Learning with External Representations . In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 187 - 189). Springer.
- Gilbert, J. K. (2008b). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 3 - 24). Springer.
- Gilbert, J.K., Reiner M. & Nakhleh M. (2008). Introduction. In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 1 - 2). Springer.
- Gilbert, J. K. & Treagust D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship between them: Key Models in Chemical Education. In: Gilbert J.K., and Treagust D.F. (Eds.) *Multiple Representations in Chemical Education*. (pp 1-8). Springer.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 9 -27). Netherlands: Springer.
- Gobert, J. D. (2005). Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 73 -90). Netherlands: Springer.
- Harrison, A.G. & de Jong, O. (2005). Exploring the use of Multiple Analogical Models when Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Research in science Teaching*, 42, 1135-1159.
- Harrison, A.G. & Treagust D.F. (2000). Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Healey, J. H. (1993). *Statistics: A Tool for Social Research (Third Edition)*. California: Wadsworth Publishing Company.

- Hecht, D. & Reiner M. (2009). Sensory Dominance in Combinations of Audio, Visual and Haptic Stimuli. *Exp Brain Res*, 193:307-314.
- Herron, J. D. & Greenbowe, T. J. (1986). What can we do about sue: A case study of Competence. *Journal of Chemical Education*, 63(6), 528-531.
- Hinton, M. E. & Nakhleh, M. B. (1999). Students' Microscopic, Macroscopic, and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *The Chemical Educator*, 4(5), 158 –167.
- Hoffmann, R. (2003). Thoughts on Aesthetics and Visualization in Chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 7-10
- Ibrahim bin Mohamad (2012). Prakata dalam *Huraian Sukatan Pelajaran Kimia Tingkatan 4*. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Jazilah Othman, Treagust D. F. & Chandrasegaran (2008). An Investigation into the Relationship between Students' Conceptions of the Particulate Nature of Matter and Their Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531-1550.
- Johari Bin Surif. *Kajian Perbandingan Pemikiran Saintifik Pelajar Malaysia dengan United Kindom*. PhD. Tesis. Universiti Teknologi Malaysia; 2010
- Johari Surif, Nor Hasniza Ibrahim & Mohammad Yusof Arshad (2007a). Visualisasi dalam Pendidikan Sains: Ke arah Pengajaran dan Pembelajaran yang Berkesan. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*, 12, 26-40.
- Johari Surif, Nor Hasniza Ibrahim & Mohammad Yusof Arshad (2007b). *Kajian Pembinaan Konsep Sains Berdasarkan Model Generatif-Metakognitif di kalangan Pelajar*. Universiti Teknologi Malaysia, vot penyelidikan 78147.
- Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Charging Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Instruction*, 7, 75-83.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and Microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Karacop A. & Doymus K. (2012). Effects of Jigsaw Cooperative Learning and Animation Techniques on Students' Understanding of Chemical Bonding and Their Conceptions of the Particulate Nature of Matter. *Journal of Science Education and Technology*, Springer Science Bussiness Media, LLC 2012.

- Kozma, R.B. & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R. & Russell J. (2005). Students Becoming Chemist: Developing Representational Competence. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 121 -146). Netherlands: Springer.
- Kozma, R. B., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The Role of Representations and Tools in the Chemistry Laboratory and Their Implications for Chemistry Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 105-144.
- Krajcik, J. (1991). Developing Students' Understanding of Chemical Concepts. In Glynn S. M., Yeany R. H. & Britton B. K. (Eds.) *The Psychology of Learning Science* (pp. 117–147). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kumar R. (2005). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners (Second Edition)*. London: SAGE Publications.
- Kvale, S. (2007). *Doing Interviews*. Los Angeles: SAGE Publications.
- Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84 (1), 71–94.
- Ledzinska, M. & Postek, S. (2010). The Role of Metacognition in Learning Curriculum. *Problems of Education in the 21st Century*, 23, 137-145.
- Lembaga Peperiksaan Kementerian Pelajaran Malaysia (2010). Panduan Pengurusan Peperiksaan. Diambil pada 27 Julai 2013 daripada laman web:
http://www.moe.gov.my/lp/index.php?option=com_content&view=category&id=74:pengurusan-peperiksaan
- Libarkin, J. C. & Brick C. (2002). Research Methodologies in Science Education: Visualization and the Geosciences. *Journal of Geoscience Education*, 50(4), 449-455.
- Liu, C., & Treagust, D. F. (2005). An Instrument for Assessing Students' Mental State and Learning Environment in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 625-637.
- Locatelli S., Ferreira C. & Arroio A. (2010). Metavisualization: An Importance Skill in the Learning Chemistry. *Problems of Education in the 21st Century*, 24, 75-83.
- Low S. N, Lim Y. C., Eng N. H., Lim E.W. & Umi Kalthom Ahmad (2011). *Kimia Tingkatan 4 KBSM*. Selangor: Abadi Ilmu Sdn Bhd.

- Luici, P. L., & Thomas, R. M. (1990). The Pictographic Molecular Paradigm: Pictorial Communication in the Chemical and Biological Sciences. *Naturwissenschaften*, 77(2), 67-74.
- Lühl, J. (1992). Teaching of Social and Philosophical Background to Atomic Theory. *Science and Education*, 1(2), 193-204.
- Mammino L. (2008). Teaching Chemistry with and Without External Representations in Professional Environments with Limited Resources . In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 155 - 185). Springer.
- Mary N. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconception. *Journal of Chemical Education*, 69,191-196.
- Mayer, R. E. & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- Metra Syahril Mohamed (2012, 12 September). Bersaing di Pentas Dunia: Prestasi Malaysia dalam TIMSS, PISA diberi perhatian. *Keluaran Khas Utusan Malaysia*, muka surat 7.
- Metra Syahril Mohamed & Assim Hassan. (2012, 12 September). Mencapai Pendidikan Berkualiti: Menyediakan Hala Tuju Dasar dan Inisiatif Terperinci bagi Mencapai Matlamat Sistem Pendidikan yang Dinamik. *Keluaran Khas Utusan Malaysia*, muka surat 2 - 3.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis (Second Edition)*. California : SAGE Publications.
- Mohd Majid Konting (2005). *Kaedah Penyelidikan Pendidikan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mohamad Najib Abdul Ghafar (1999). *Penyelidikan Pendidikan*. Skudai: Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohamad Najib Abdul Ghafar (2003). *Reka Bentuk Tinjauan: Soal Selidik Pendidikan*. Skudai: Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohamad Najib Abdul Ghafar (2011). *Pembinaan & Analisis: Ujian Bilik Darjah (Edisi Kedua)*. Johor Bahru: UTM press.
- Mohd Azhar Abd. Hamid, Mohd. Nasir Markom dan Othman A. Kassim (2004). *Permainan Kreatif: Untuk Guru & Jurulatih*. Bentong: PTS Publications & Distributors Sdn Bhd.

- Mohd Daud Hamzah (2001). "Sedutan Dapatan Projek Pendidikan di Simunjan: Ketrampilan Berfikir dan Motivasi Pembelajaran", Universiti Sains Malaysia.
- Mohd Majid Konting (1990). *Kaedah Penyelidikan Pendidikan*. Kuala Lumpur. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mulford D.R. & Robinson W.R. (2002). An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739-744.
- Naah, B. M. & Sanger M. J. (2012). Investigating Students' Understanding of the Dissolving Process. *Journal of Science Education and Technology*, Springer Science Bussiness Media, LLC 2012.
- Nakhleh M. B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Nakhleh, M. B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary School Children's Beliefs About Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 777-805.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle School Students' Beliefs about Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612.
- Noriati A. Rashid, Boon P. Y. & Sharifah Fakhriah Syed Ahmad (2009). *Murid dan Alam Belajar*. Shah Alam: Oxford Fajar Sdn Bhd.
- Nyachwaya J. M., Abdi-Rizak Mohamed, Roehrig G. H., Wood N. B., Kern A. L. & Schneider J. L. (2011). The Development of an Open-ended Drawing Tool: An Alternative Diagnostic Tool for Assessing Students' understanding of the Particulate Nature of Matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 121-132.
- Othman Talib (2008a). *Animasi dalam Pengajaran Sains*. Dalam Aida Suraya Md. Yunus, Ahmad Fauzi Mohd. Ayub & Othman Talib (eds.). Sains, Matematik & Pembelajaran Berasaskan ICT. (m.s. 33- 43). Serdang:Penerbit Universiti Putra Malaysia.
- Othman Talib (2008b). Konsep Sains dan Idea Konstruktivisme. Dalam Aida Suraya Md. Yunus, Ahmad Fauzi Mohd. Ayub & Othman Talib (eds.). Sains, Matematik & Pembelajaran Berasaskan ICT. (m.s. 1- 13). Serdang:Penerbit Universiti Putra Malaysia.

- Pabuçcu A. (2008). *Improving 11th Grade Students' Understanding of Acid-Base Concepts by Using 5E Learning Cycle Model*. Doctor Philosophy. Middle East Technical University, Turki.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representation: A Dual Coding Approach*. Oxford, Oxford University Press.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. (2nd. Ed.). Newbury Park: Sage Publications, Inc.
- Pearsall, J. (1999). *The Concise Oxford Dictionary*. New York: Oxford University Press.
- Piaget J. (1964). Part 1: Cognitive Development in Children: Piaget Development and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Pusat Perkembangan Kurikulum (1988). Falsafah Pendidikan Kebangsaan, Kementerian Pelajaran Malaysia. Diambil pada 2 November 2012 daripada laman web:
http://web.jiaozong.org.my/doc/2009/rmr/edu_law/falsafah_pendidikan_negara.pdf
- Rapp D. N (2005). Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 43 - 60). Netherlands: Springer.
- Rapp D. N. & Kurby C. A. (2008). The 'Ins' and 'Outs' of Learning: Internal Representations and External Visualizations. In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 29 - 52). Springer.
- Reid N. & Yang M. J. (2002). The Solving of Problems in Chemistry: The More Open-ended Problems. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 83-98.
- Rickey, D. & Stacy, A. M. (2000). The Role of Metacognition in Learning Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 915 - 920.
- Robinson, W. (2003). Chemistry Problem-solving: Symbol, Macro, Micro and Process Aspects. *Journal of Chemical Education*, 80, 978-982.
- Russell, J. & Kozma, R. (2005). Assessing Learning from the Use of Multimedia Chemical Visualization Software. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 299 - 332). Netherlands: Springer.

- Ryder, J., Leach, J. & Driver, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201-219.
- Sarantopoulos P. & Tsaparlis G. (2004). Analogies in Chemistry Teaching as a Means of Attainment of Cognitive and Affective Objectives: A Longitudinal Study in a Naturalistic Setting, using Analogies with a Strong Social Content. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 33-50.
- Savec V. F., Vrtacnik M. & Gilbert J.K. (2005). Evaluating the Educational Values of Molecular Structure Representations. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 269 - 300). Netherlands: Springer.
- Savoy, L. G. (1988). Balancing Chemical Equations. *School Science Review*, 69(249), 713-720.
- Schank, P. & Kozma, R. (2002). Learning Chemistry Through the Use of a Representation-Based Knowledge Building Environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 253-279.
- Schraw, G., Crippen, K.J., K. & Hartley, K. (2006). Promoting Self-regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Şeker A. (2006). *Facilitating Conceptual Change in Atom, Molecule, Ion and Matter*. Master Science, Middle East Technical University, Ankara.
- Sheppard K. (2006). High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 32-45.
- Shulman, L.S. (1986). Those Who Understanding: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sirhan G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Sistem Pendidikan Tunjang Pembangunan. *Keluaran Khas Utusan Malaysia*. (2012, 12 September). Muka surat 2.
- Skamp K. (2009). Atoms and Molecules in Primary Science: What are Teachers to do? *Australian Journal of Education in Chemistry*, 69, 5-10.
- Smith, K.J. & Metz, P.A. (1996). Evaluating Student Understanding of Solution Chemistry through Microscopic Representations. *Journal of Chemical Education*, 73, 233-235.

- Stieff M., Bateman R. C., Jr. & Uttal D. H. (2005). Teaching and Learning with Three-Dimensional Representations. In Gilbert J.K., (ed.) *Visualization in Science Education*. (pp 93 - 118). Netherlands: Springer.
- Sulaiman M. Al-Balushi (2009). Factors Influencing Pre-Service Science Teachers' Imagination at the Microscopic Level in Chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1089-1110.
- Sulaiman Ngah Razali (1996). *Analisis Data dalam Penyelidikan Pendidikan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Taber, K. S. (2002). *Alternative Conceptions in Chemistry: Prevention, Diagnosis and Cure? London: The Royal Society of Chemistry*.
- Taber, K. S. (2011). Models, Molecules and Misconceptions: A Commentary on 'Secondary School Students' Misconceptions of Covalent Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 3-18.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submikro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry "Triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tan, P. S. (2008). *Complete text & Guide Bilingual Chemistry Form 4*. Shah Alam: Arah Pendidikan Sdn. Bhd.
- Tasker R. & Dalton R. (2006). Research into Practice: Visualization of the Molecular World using Animations. *The Royal Society of Chemistry*, 7(2), 141-159.
- Tasker R. & Dalton R. (2008). Visualizing the Molecular World – Design, Evaluation, and Use of Animations. In Gilbert J.K., Reiner M. and Nakhleh M. (Eds.) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. (pp. 103-131). Springer.
- Tee, H.T. (2009). *Koleksi Kertas Peperiksaan Sebenar SPM KBSM Chemistry*. Shah Alam: Cerdik Publications Sdn. Bhd.
- Teks ucapan Timbalan Perdana Menteri merangkap Menteri Pelajaran Malaysia di Majlis Dialog Nasional Pendidikan Negara Kementerian Pelajaran Malaysia 2012 di PICC, Putrajaya pada 29 April 2012. Diambil pada 4 November 2012 daripada laman web:
<http://www.moe.gov.my/?id=253&aid=2607>
- The American Heritage® Dictionary of the English Language, Fourth Edition* (2000). Diambil pada 29 Ogos 2012 daripada laman web:
<http://www.thefreedictionary.com/visualization>

- Thomas, G. P. & McRobbie, C. J. (2012). Eliciting Metacognitive Experiences and Reflection in a Year 11 Chemistry Classroom: An Activity Theory Perspective. *Journal of Science Education and Technology*, Springer Science Business Media, LLC 2012.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. & Mamiala, T.L. (2003). The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education*, 25, 1353-1368.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and Molecular Structure in Chemical Education: A Critical Analysis from Various Perspectives of Science Education. *Journal of Chemistry Education*, 74, 922-925.
- Tufte, E. R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire, Conn: Graphics Press.
- Usta N. D. & Ayas A. (2010). Common Misconceptions in nuclear Chemistry Unit. *Procedia Social and Behavioral Science*, 2, 1432-1436.
- Van Driel J. H., De Jong O. and Verloop N., (2002). The Development of Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Science Education*, 86, 572-590.
- Vavra K.L., Janjic-Watrich V., Loerke K., Phillips L. M., Norris S. P. & Macnab J. (2011). Visualization in Science Education. *ASEJ*, 41(1), 22-30.
- Vekiri, I. (2002). What is the Value of Graphical Displays in Learning? *Educational Psychology Review*, 14(3), 261 – 312.
- Walker M. (2011). *PISA 2009 Plus Results: Performance of 15-year-olds in Reading, Mathematics and Science for 10 Additional Participants*. Victoria, Australia: Acer Press.
- Weller J.K. (2012). *Practicing and Pre-Service Elementary Teachers' Representations of Matter*: Purdue University: Tesis Doktor Falsafah.
- Williamson, V.M. & José T.J. (2008). The Effects of a Two-Year Molecular Visualization Experience on Teachers' Attitudes, Content Knowledge, and Spatial Ability. *Journal of Chemical Education*, 85(5), 718-723.
- Wu, H. K., Krajcik J.S. & Soloway E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

- Yap, Y. K., Wan, C. S. & Ismail Abu Bakar (1985). *Siri Pendidikan Longman: Pengukuran dan Penilaian dalam Pendidikan*. Petaling Jaya: Longman Malaysia.
- Yarroch, W.L. (1985). Student Understanding of Chemical Equation Balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 449-459.
- Yitbarek S. (2003). *Alternative Conceptions of Eight Chemical Concepts of General Secondary and Preparatory Students of Addis Ababa*: Addis Ababa University: Tesis Master.
- Zazkis R., Dubinsky E. & Dautermann J. (1996). Coordinating Visual and Analytic Strategies: A Study of Students' Understanding of the Group D4. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 435-457.
- ____ (2001). *Molecular Visualization in Science Education*. Laporan daripada *Molecular Visualization in Science Education Workshop* di bawah pembiayaan National Science Foundation, NSF Award REC-0090523, Virginia.