

KESAN PERISIAN REALITI BERPERANTARA BERASASKAN
PENDEKATAN INKUIRI DALAM PEMBELAJARAN SAINS

DANAKORN NINCAREAN A/L EH PHON

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi
syarat penganugerahan ijazah
Doktor Falsafah (Teknologi Pendidikan)

Fakulti Pendidikan
Universiti Teknologi Malaysia

FEBRUARI 2017

Dedikasi khas kepada keluarga Nincarean yang tersayang

PENGHARGAAN

Saya bersyukur ke atas Tuhan kerana limpahan rahmat yang dianugerahkan kepada saya, saya dapat menyempurnakan kajian ini dengan jayanya.

Terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada individu penting yang banyak membantu saya dalam menyiapkan penulisan tesis ini. Pertama sekali, seinfiniti penghargaan dan jutaan terima kasih kepada PM. Dr. Mohamad bin Bilal Ali selaku penyelia utama saya yang sentiasa membantu, memberi sokongan, tunjuk ajar dan juga sebagai pemudahcara sepanjang saya menyiapkan kajian ini. Tidak lupa juga penghargaan ini saya tujukan kepada Dr. Noor Dayana Abd Halim selaku penyelia bersama yang tidak jemu-jemu dalam memberikan bimbingan, galakan, serta tunjuk ajar sepanjang saya menyiapkan tesis ini.

Saya juga ingin mendedikasikan ucapan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada insan yang teristimewa iaitu kedua-dua ibu bapa saya, Papa dan Mae Khiam serta abang saya, Daraphan. Jutaan terima kasih di atas segala kasih sayang, sokongan, kesabaran, pengorbanan serta doa yang sentiasa ungkapkan. Dan kepada ahli keluarga yang lain yang sentiasa doakan saya, terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan.

Dalam kesempatan ini, saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan (Farhana, Sham, Ieja, Din, Cik Daa, Su) yang tidak pernah lupa untuk berkongsi ilmu serta memberikan pandangan dalam usaha meningkatkan kualiti tesis ini. Seterusnya ucapan terima kasih kepada OT dan Jay yang sentiasa memberikan semangat dan bantuan jika diperlukan. Tidak dilupakan terima kasih kepada 'Nowy' kerana menjadi peneman terbaik sepanjang perjalanan ini. Terima kasih juga kepada rakan-rakan dalam kumpulan FTGH, Nangfar dan Supervision yang sentiasa memberi sokongan dan semangat.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menyempurnakan tesis ini. Terima kasih.

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kesan perisian Realiti Berperantara (AR) yang diintegrasikan dengan pendekatan berasaskan Inkuiri POE dan prinsip reka bentuk Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia terhadap keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian pelajar dalam subjek sains. Kajian ini juga mengkaji interaksi pelajar dengan perisian AR dan hubungannya dengan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian pelajar dalam sains. Reka bentuk kajian pra-eksperimen jenis satu kumpulan praujian-pascaujian digunakan dengan melibatkan 34 orang pelajar tahun 5 sekolah rendah sebagai responden, yang terdiri daripada mereka yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang tinggi (KVST) dan keupayaan visualisasi spatial yang rendah (KVSR). Dapatan kajian menunjukkan bahawa pembelajaran menerusi perisian AR berkesan dalam meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains. Hasil analisis ujian t pada markah ujian pra dan pasca bagi kedua-dua ujian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam ujian putaran mental pelajar ($t = 19.795, p < 0.05$) dan ujian pencapaian sains pelajar ($t = 24.801, p < 0.05$). Selain itu, dapatan juga menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang signifikan di antara kumpulan pelajar KVST dan KVSR dari aspek keupayaan visualisasi spatial ($t = 6.592, p < 0.05$) dan pencapaian dalam ujian sains ($t = 2.419, p < 0.05$), sebelum dan selepas sesi rawatan. Hasil analisis kandungan terhadap interaksi pelajar dengan perisian AR menunjukkan interaksi memutar penanda AR, memeriksa elemen AR dan mengulas mengenai elemen AR mencatatkan jumlah interaksi tertinggi berbanding interaksi yang lain. Hasil analisis korelasi Spearman pula menunjukkan terdapat sembilan interaksi yang mempunyai hubungan yang signifikan dengan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains dalam kalangan pelajar KVST dan KVSR dengan arah korelasi bagi setiap hubungan adalah positif. Akhir sekali, satu kerangka pembelajaran untuk pelajar KVST dan pelajar KVSR bagi pembelajaran menggunakan perisian AR dihasilkan menerusi analisis perlombongan data dengan menggunakan teknik *decision tree*. Kerangka pembelajaran ini mencadangkan beberapa siri panduan yang boleh digunakan untuk meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains melalui penggunaan AR dalam pembelajaran.

ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of Augmented Reality (AR) software integrated with POE Inquiry based approach and Cognitive Theory of Multimedia Learning design principles toward spatial visualization ability and achievement in science. This study also investigates student interaction with the AR system and their corresponding correlations to spatial visualization ability and achievement in science. A pre-experimental one group pretest-posttest research design was employed with 34 grade 5 elementary school students as respondents, which consists of students with high spatial visualization abilities (KVST) and low spatial visualization abilities (KVSr). The findings revealed that learning through the AR software was effective to enhance students' spatial visualization ability and achievement in science. The results of the *t* test analysis of students' pre- and posttest scores on both tests demonstrate significant improvements in their mental rotation test ($t = 19.795, p < 0.05$) and achievement in science ($t = 24.801, p < 0.05$). Moreover, the findings also suggest that there exists a significant difference between the KVST and KVSr groups in terms of spatial visualization ability ($t = 6.592, p < 0.05$) and achievement in science ($t = 2.419, p < 0.05$), before and after the treatment session. The results of the content analysis towards student interaction with the AR software demonstrates that turning the AR markers, inspecting the AR elements and commenting on the AR elements are recorded the highest number of interactions compared to others. Results from a Spearman correlation analysis show that there are nine interactions that have significant correlations with spatial visualization ability and achievement in science among the KVST and KVSr students, with the correlation direction of each relationship is positive. Finally, a framework for KVST and KVSr students in learning through the AR software was developed through data mining analysis using a decision tree technique. This framework recommends a series of guidelines that can further enhance students' spatial visualization ability and achievement in science through the application of AR in learning.

KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xvi
	SENARAI SINGKATAN	xix
	SENARAI LAMPIRAN	xx
1	Pengenalan	1
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Latar Belakang Masalah	5
	1.2.1 Kekurangan Penekanan Keupayaan Visualisasi Spatial Dalam Pendidikan	5
	1.2.2 Permasalahan Penggunaan Bahan Pembelajaran Fizikal	8
	1.2.3 Cabaran Pembelajaran Berbantuan Teknologi	12
	1.2.4 Kekurangan Kajian Penggunaan AR dalam P&P	14
	1.3 Pernyataan Masalah	18
	1.4 Objektif Kajian	21

1.5	Persoalan Kajian	21
1.6	Kerangka Teori	22
1.6.1	Keupayaan Visualisasi Spatial	24
1.6.2	Augmented Reality	26
1.6.3	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia	27
1.6.4	Strategi Pembelajaran Inkuiri POE	29
1.6.5	Interaksi Penggunaan AR	30
1.6.6	Rumusan Kerangka Teori	31
1.7	Kerangka Kajian	31
1.8	Rasional Kajian	34
1.9	Kepentingan Kajian	36
1.9.1	Pelajar	36
1.9.2	Pengajar atau Guru	36
1.9.3	Kementerian Pendidikan Malaysia	37
1.10	Skop dan Batasan Kajian	37
1.11	Definisi Operasi	37
1.12	Kesimpulan	39
2	SOROTAN PENULISAN	40
2.1	Pendahuluan	40
2.2	Augmented Reality	40
2.2.1	Konsep AR	41
2.2.2	Ciri-ciri dan kelebihan AR	44
2.2.3	Aplikasi AR dalam bidang Pendidikan	50
2.2.4	Faktor yang mempengaruhi pembelajaran dalam AR	54
2.2.5	AR dalam Pendidikan Sains	57
2.3	Keupayaan Visualisasi Spatial	73
2.3.1	Konsep Keupayaan Visualisasi	

	Spatial	74
	2.3.2 Kajian Lepas Berkaitan Keupayaan Visualisasi Spatial	76
	2.3.3 Ujian Keupayaan Visualisasi Spatial	88
	2.4 Masalah Pembelajaran Sains	90
	2.5 Pembelajaran Berasaskan Inkuiri POE	93
	2.6 Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia	98
	2.7 Kesimpulan	102
3	METODOLOGI	103
	3.1 Pengenalan	103
	3.2 Reka Bentuk Kajian	103
	3.3 Persampelan	109
	3.4 Prosedur Kajian	113
	3.4.1 Fasa 1: Kajian Awal	115
	3.4.2 Fasa 2: Instrumentasi	116
	3.4.3 Fasa 3: Kajian Rintis	122
	3.4.4 Fasa 4: Pelaksanaan Kajian Sebenar	128
	3.4.5 Fasa 5: Analisis Data	133
	3.5 Kesimpulan	145
4	REKABENTUK DAN PEMBANGUNAN PERISIANAR	146
	4.1 Pengenalan	146
	4.2 Pembangunan Perisian AR	146
	4.2.1 Fasa Analisis	148
	4.2.2 Fasa Reka Bentuk	152
	4.2.3 Fasa Pembangunan	157
	4.2.4 Fasa Implementasi	162
	4.2.5 Fasa Penilaian	162
	4.3 Perisian AR dengan integrasi Strategi Pembelajaran POE	163

4.4	Perisian AR dengan integrasi Teori Pembelajaran Kognitif Pembelajaran Multimedia	173
4.5	Kesimpulan	178
5	DAPATAN KAJIAN	179
5.1	Pengenalan	179
5.2	Kesan Perisian AR terhadap Keupayaan Visualisasi Spatial Pelajar	179
5.2.1	Analisis Deskriptif	180
5.2.2	Analisis Inferensi	187
5.3	Kesan Perisian AR terhadap Pencapaian Sains Pelajar	194
5.3.1	Analisis Deskriptif	194
5.3.2	Analisis Inferensi	202
5.4	Hubungan antara Keupayaan Visualisasi Spatial dengan Pencapaian Sains	208
5.5	Interaksi Pelajar dengan Perisian AR dan hubungannya dengan Keupayaan Visualisasi Spatial dan Pencapaian dalam Sains	210
5.6	Kerangka Pembelajaran Pelajar dalam menggunakan AR untuk meningkatkan Keupayaan Visualisasi Spatial dan Pencapaian dalam Sains	232
5.7	Kesimpulan	253
6	PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN	254
6.1	Pengenalan	254
6.2	Ringkasan Kajian	254
6.3	Kesan Perisian AR terhadap Keupayaan Visualisasi Spatial Pelajar	255
6.4	Kesan Perisian AR terhadap Pencapaian	

	dalam Ujian Sains Pelajar	260
6.5	Hubungan di antara Keupayaan Visualisasi Spatial dengan Pencapaian dalam Sains	270
6.6	Interaksi Pelajar dengan Perisian AR dan hubungannya dengan Keupayaan Visualisasi Spatial dan Pencapaian dalam Sains	273
6.7	Kerangka Pembelajaran Pelajar dalam menggunakan AR untuk Meningkatkan Keupayaan Visualisasi Spatial dan Pencapaian dalam Sains	284
6.8	Kesimpulan Kajian	287
6.9	Limitasi Kajian	290
6.10	Implikasi Kajian	291
	6.10.1 Implikasi kepada Pelajar	291
	6.10.2 Implikasi kepada Pengajar	292
	6.10.3 Implikasi kepada Metodologi	292
	6.10.4 Implikasi kepada Kementerian Pendidikan Malaysia	293
6.11	Cadangan untuk Kajian Lanjutan	294
6.12	Kesimpulan	295
	RUJUKAN	296
	Lampiran A-G	331-349

SENARAI JADUAL

NO.JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Andaian Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia	27
2.1	Antara kelebihan AR yang lain	49
2.2	Kajian AR dalam bidang-bidang pendidikan	50
2.3	Antara contoh aplikasi AR dalam P&P	51
2.4	Perbandingan media yang menjadi faktor yang mempengaruhi pembelajaran pelajar	55
2.5	Elemen kandungan dalam buku AR	56
2.6	Ringkasan penggunaan AR dalam subjek sains	70
2.7	Ringkasan kajian-kajian lepas mengenai keupayaan visualisasi spatial	83
2.8	Kebolehpercayaan MRT dalam kajian-kajian lepas	88
2.9	Masalah kerangka alternatif konsep astronomi	92
2.10	Kajian yang menyokong prinsip pembelajaran multimedia	100
3.1	Instrumen dan reka bentuk kajian berdasarkan jenis data	104
3.2	Persampelan Responden	112
3.3	Taburan soalan dalam ujian pra dan pasca sains	119
3.4	Soalan temubual	121
3.5	Nilai korelasi bagi ujian MRT	123
3.6	Nilai korelasi bagi ujian pra dan pasca sains	124
3.7	Contoh komen pakar dan perubahan yang dibuat (Terjemahan ujian MRT)	125
3.8	Contoh komen pakar dan perubahan yang dibuat (Ujian pra-pasca sains)	126
3.9	Contoh komen pakar dan perubahan yang dibuat (Aktiviti POE)	127

3.10	Komen dan cadangan pakar untuk perisian AR	128
3.11	Aktiviti dan Prosedur Kajian	128
3.12	Proses, instrumen dan durasi yang digunakan	132
3.13	Ringkasan persolan kajian, instrumen dan analisis yang digunakan	133
3.14	Tafsiran Tahap Kemahiran Visualisasi	135
3.15	Peningkatan pencapaian bagi pelajar	135
3.16	Skema pengkodan interaksi pelajar semasa menggunakan AR	140
3.17	Pembolehubah bagi analisis data mining	144
4.1	Objektif dan hasil pembelajaran topik yang dipilih	150
4.2	Penerapan strategi pembelajaran inkuiri POE	154
4.3	Penerangan teori pembelajaran Kognitif Pembelajaran Multimedia	156
4.4	Perisian yang digunakan untuk membangunkan AR	157
4.5	Keperluan minimum bagi perkakasan dan perisian	158
4.6	Penerapan teori pembelajaran kognitif pembelajaran multimedia dalam perisian AR yang dibangunkan	174
5.1	Skor pelajar dalam ujian pra MRT, ujian pasca MRT dan perbezaan skor	180
5.2	Analisis Deskriptif bagi skor minimum dan maksimum, nilai min dan sisihan piawai pelajar dalam ujian MRT	182
5.3	Tafsiran Tahap Kemahiran Visualisasi	184
5.4	Pembahagian kategori bagi ujian pra dan ujian pasca MRT	184
5.5	Analisis ujian kenormalan bagi ujian pra dan pasca MRT	186
5.6	Ujian t berpasangan bagi ujian pra-MRT dan pasca-MRT	188
5.7	Saiz kesan dan analisis post hoc	189
5.8	Purata skor MRT bagi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial	190
5.9	Dapatan ujian t-tak bersandar	191
5.10	Analisis dapatan temubual	192
5.11	Skor ujian pra, pasca sains dan perbezaan skor	194
5.12	Analisis deskriptif bagi skor minimum dan maksimum, nilai min dan sisihan piawai pelajar	195

5.13	Kefahaman konsep mengenai peredaran bumi, bulan dan matahari	197
5.14	Kefahaman konsep mengenai kejadian siang dan malam	199
5.15	Kefahaman konsep mengenai fasa-fasa bulan	200
5.16	Analisis ujian kenormalan bagi ujian pra dan pasca sains	202
5.17	Ujian <i>T</i> -Berpasangan bagi ujian pra dan pasca	204
5.18	Saiz kesan dan analisis post hoc	204
5.19	Purata skor bagi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial	205
5.20	Analisis ujian <i>t</i> -tak bersandar	206
5.21	Analisis dapatan temubual	206
5.22	Aras kekuatan nilai pekali korelasi	209
5.23	Korelasi Pearson di antara keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains	209
5.24	Senarai contoh interaksi pelajar semasa menggunakan AR	211
5.25	Dapatan analisis interaksi pelajar semasa menggunakan AR secara keseluruhan	215
5.26	Taburan interaksi pelajar semasa menggunakan AR mengikut tahap keupayaan visualisasi spatial	218
5.27	Dapatan analisis interaksi pelajar dengan AR untuk tiga sesi pembelajaran	220
5.28	Penggedan skor ujian sains	223
5.29	Taburan Interaksi KVST : Pencapaian Ujian Sains dan MRT	225
5.30	Taburan Interaksi KVSR: Pencapaian Ujian Sains dan MRT	226
5.31	Ujian kenormalan untuk data interaksi	227
5.32	Dapatan ujian korelasi Spearman bagi kumpulan KVST dan KVSR	228
5.33	Bilangan Laluan Pembelajaran pelajar KVST bagi kategori peningkatan keupayaan visualisasi spatial	233
5.34	Laluan Pencapaian Peningkatan P2 (KVST)	234
5.35	Laluan Pencapaian Peningkatan P1 (KVST)	235

5.36	Bilangan Laluan Pembelajaran pelajar KVST bagi kategori pencapaian dalam ujian sains	236
5.37	Laluan Pencapaian Gred A (KVST)	237
5.38	Laluan Pencapaian Gred B (KVST)	237
5.39	Laluan Pencapaian Gred C (KVST)	238
5.40	Bilangan Laluan pembelajaran KVSR bagi kategori peningkatan pencapaian	240
5.41	Laluan Pencapaian Peningkatan P3 (KVSr)	240
5.42	Laluan Pencapaian Peningkatan P2 (KVSr)	241
5.43	Laluan Pencapaian Peningkatan P1 (KVSr)	242
5.44	Bilangan Laluan pembelajaran KVSr bagi kategori pencapaian sains	244
5.45	Laluan Pencapaian Gred A (KVSr)	244
5.46	Laluan Pencapaian Gred B (KVSr)	245
5.47	Laluan Pencapaian Gred C (KVSr)	246

SENARAI RAJAH

NO.RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Kerangka Teori	23
1.2	Kerangka Kajian	31
2.1	Milgram Reality-Virtuality Continuum	41
2.2	AR Berasaskan Penanda	43
2.3	AR Tanpa Penanda	43
2.4	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia	99
3.1	Reka bentuk kajian Satu Kumpulan Praujian – Pascaujian	106
3.2	Prosedur Kajian	114
3.3	Carta pai taburan pelajar berdasarkan keupayaan visualisasi	115
3.4	Peralatan Asas AR	124
3.5	Contoh Aktiviti POE Mengenai Pergerakan Bumi	131
3.6	Struktur Halaman Buku AR	131
4.1	Aliran Kerja Berdasarkan Model ADDIE	148
4.2	Tiga marker mewakili tiga objek maya	152
4.3	Lakaran topik putaran bumi pada paksinya	153
4.4	Lakaran topik kejadian siang dan malam	153
4.5	Lakaran topik fasa-fasa bulan	153
4.6	Proses permodelan bulan mengelilingi bumi	159
4.7	Proses permodelan bulan berputar pada paksinya	159
4.8	Proses permodelan bumi dan bulan mengelilingi matahari	159
4.9	Proses permodelan bumi berputar pada paksinya	160
4.10	Proses pengaturcaraan	160
4.11	Proses pembangunan persekitaran AR	161
4.12	Proses pembangunan persekitaran laman utama AR	161
4.13	Proses pengaturcaraan bagi pengesanan kamera web	161

4.14	Menu utama	164
4.15	Sub menu pertama	164
4.16	Antara muka halaman ramalan	165
4.17	Antara muka halaman bumi berputar pada paksinya	165
4.18	Antara muka halaman bulan berputar paksinya	166
4.19	Antara muka halaman bumi mengelilingi matahari	166
4.20	Antara muka halaman bumi dan bulan mengelilingi matahari	166
4.21	Antara muka halaman selesai	167
4.22	Antara muka halaman Explain	167
4.23	Antara halaman menu kedua	168
4.24	Antara muka halaman fasa ramalan topik kedua	168
4.25	Antara muka halaman kejadian siang dan malam	169
4.26	Antara muka halaman fasa Explain topik kedua	169
4.27	Antara muka halaman menu ketiga	170
4.28	Antara muka halaman Ramalan topik ketiga	170
4.29	Antara muka halaman AR bulan separa	171
4.30	Antara muka halaman AR bulan purnama	171
4.31	Antara muka halaman AR bulan sabit lama	172
4.32	Antara muka halaman AR bulan purnama baru	172
4.33	Antara muka halaman AR fasa explain	173
5.1	Taburan pelajar mengikut tahap keupayaan visualisasi spatial	182
5.2	Perbandingan skor ujian pra MRT dan pasca MRT	183
5.3	Graf histogram bagi data ujian pra MRT	186
5.4	Graf histogram bagi data ujian pasca MRT	187
5.5	Perbandingan di antara skor ujian pra dan pasca sains pelajar	196
5.6	Graf histogram bagi data ujian pra sains	202
5.7	Graf histogram bagi data ujian pasca sains	203
5.8	Peratus interaksi pelajar dengan AR secara keseluruhan	217
5.9	Peratus interaksi pelajar dengan AR mengikut tahap keupayaan visualisasi spatial pelajar	218

5.10	Graf histogram bagi peratus interaksi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial mengikut sesi pembelajaran	221
5.11	Model laluan pembelajaran pelajar KVST untuk pencapaian keupayaan visualisasi spatial	233
5.12	Model laluan pembelajaran pelajar KVST untuk pencapaian keupayaan visualisasi spatial	236
5.13	Model laluan pembelajaran pelajar KVSR untuk pencapaian keupayaan visualisasi spatial	239
5.14	Model laluan pembelajaran pelajar KVSR untuk pencapaian dalam ujian sains	243
5.15	Laluan pembelajaran pelajar KVST dan KVSR dalam meningkatkan keupayaan visualisasi spatial	247
5.16	Kerangka pembelajaran pelajar KVST dan KVSR dalam meningkatkan keupayaan visualisasi spatial	248
5.17	Laluan pembelajaran pelajar KVST dan KVSR dalam meningkatkan pencapaian dalam sains	250
5.18	Kerangka pembelajaran pelajar KVST dan KVSR dalam meningkatkan pencapaian dalam ujian sains	251

SENARAI SINGKATAN

AR	-	Augmented Reality
P&P	-	Pengajaran dan Pembelajaran
CTML	-	Cognitive Theory of Multimedia Learning
ADDIE	-	Analysis, Design, Develop, Implementation, Evaluation
2D	-	2 Dimensi
3D	-	3 Dimensi
HMD	-	Head Mounted Display
POE	-	Predict Observe Explain
KVST	-	Keupayaan Visualisasi Spatial Tinggi
KVSR	-	Keupayaan Visualisasi Spatial Rendah
EDM	-	Educational Data Mining

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Surat Kebenaran Menggunakan Instrumen Ujian MRT	331
B	Ujian Pra dan Pasca Sains	333
C	Pengesahan Terjemahan Bahasa untuk Ujian MRT	343
D	Pengesahan Untuk Ujian Pra dan Pasca Sains	344
E	Pengesahan Untuk Aktiviti POE	346
F	Pengesahan Perisian AR	347
G	Senarai Penerbitan dan Anugerah	349

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Sektor pendidikan merupakan satu daripada pra-syarat yang kritikal dalam pembangunan sesebuah negara. Ia merupakan pemacu yang penting dalam mentransformasikan negara kita yang berpendapatan sederhana kepada sebuah negara yang maju dan berpendapatan tinggi untuk penghasilan modal insan yang bertaraf dunia. Dalam merealisasikan hasrat tersebut, sesebuah negara perlu menyediakan strategi sistem pendidikan baharu yang selari dengan cabaran global masa depan yang semakin dinamik sifatnya. Justeru itu, strategi sistem pendidikan yang baharu itu mesti lebih bervisi transformatif, dan berwawasan global dan digital termasuk berkemahiran tinggi dalam menggunakan teknologi untuk menyokong kejayaan dan inovasi dalam sistem pendidikan. Sejak kebelakangan ini, pelbagai kaedah telah diperkenalkan dalam sistem pendidikan negara dengan harapan agar sesi pembelajaran menjadi lebih berkesan kepada pelajar-pelajar. Antara kaedah tersebut adalah dengan adanya integrasi teknologi dalam pengajaran dan pembelajaran (P&P) (Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2015-2025).

Kepentingan teknologi dalam pendidikan kepada negara dapat dilihat dengan pelaburan perbelanjaan negara yang besar untuk tujuan menyediakan sistem pendidikan yang lebih baik kepada masyarakat. Sehubungan dengan itu, dalam usaha ini dari tahun 1999 sehingga 2010 pihak kementerian telah memperuntukkan kira-kira 6 billion untuk penyediaan makmal komputer tambahan dan membina makmal komputer di setiap sekolah (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2013).

Usaha dalam menjayakan inisiatif ini dianggap sebagai satu pelaburan dana yang besar bagi menjamin kemajuan negara di masa depan dengan pembangunan modal insan kelas pertama. Sehubungan dengan itu, jelaslah bahawa penggunaan teknologi di dalam bidang pendidikan dititikberatkan oleh pihak kerajaan khususnya Kementerian Pendidikan Malaysia. Ini kerana teknologi membolehkan pelajar mahupun pengajar memperoleh manfaat maksimum daripada kaedah pembelajaran yang moden dan sentiasa peka supaya tidak ketinggalan dalam perlumbaan global.

Penggunaan teknologi mempunyai potensi untuk meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran (Fisher, 2010, Suchańska dan Kęczkowska, 2007). Kehadiran teknologi dalam bidang pendidikan dikatakan dapat menjadikan pembelajaran lebih menarik dan seronok (Owen-Jackson, 2015) serta berupaya meningkatkan pencapaian pembelajaran pelajar (Blasco-Arcas *et al.*, 2013; Sung dan Hwang, 2013). Walaupun sesetengah teknologi telah diaplikasikan ke dalam bidang pendidikan, tetapi masih ada pelajar yang menghadapi kesukaran dalam memahami sesuatu isi kandungan pelajaran. Ramai pelajar dilihat mempunyai kesukaran apabila berhadapan dengan subjek yang mempunyai konsep yang memerlukan keupayaan visualisasi spatial yang tinggi seperti dalam subjek sains (Uttal dan Cohen, 2012; Yoon dan Min, 2016).

Menurut Mayers dan Sims (1994), keupayaan visualisasi spatial merupakan kebolehan individu membina gambaran mental dalam memutar atau melipat objek dua dimensi atau tiga dimensi dan kemudiannya menggambarkan konfigurasi objek hasil dari manipulasi tersebut. Umumnya, keupayaan visualisasi spatial membolehkan seseorang untuk menggambarkan putaran sesuatu objek, memahami bagaimana sesuatu objek muncul dalam kedudukan yang berbeza dan bagaimana sesuatu objek tersebut saling berkaitan antara satu sama lain dalam ruang (Sutton *et al.*, 2016). Keupayaan ini merupakan satu lagi kemahiran yang sepatutnya diserapkan ke dalam diri pelajar agar mereka dapat mencari jalan keluar kepada permasalahan dalam pembelajaran. Dengan adanya keupayaan tambahan seperti visualisasi ini, pelajar tidak hanya menggunakan memori ingatan sepenuhnya untuk menghafal fakta-fakta tetapi dengan visualisasi ia dapat membantu pelajar dalam menjalankan proses imaginasi (Maqableh dan Sidhu, 2013). Selain itu, keupayaan visualisasi

spatial bukan sahaja memainkan peranan yang penting dalam mengasimiliasi dan menggunakan pengetahuan sedia ada tetapi juga memainkan peranan dalam membangunkan pengetahuan baru (Kell *et al.*, 2013). Kajian yang berkaitan dengan keupayaan visualisasi spatial telah membuktikan bahawa terdapat hubungan yang positif antara keupayaan ini dengan pencapaian akademik dalam pelbagai bidang terutamanya dalam bidang sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik (STEM) (Clifton, 2014).

Pembelajaran STEM terutamanya sains selalunya memerlukan keupayaan visualisasi spatial yang tinggi kerana kebanyakan konsep-konsepnya yang memerlukan pelajar untuk menggambarkan dan memahami putaran dan transformasi objek-objek yang mempunyai hubungan di antara satu sama lain (Plummer, 2014; Plummer, Kocareli, dan Slagle, 2013), di mana kebanyakan topik sains berhadapan dengan perwakilan dan model 3 dimensi (3D). Oleh itu, memang tidak dapat dinafikan bahawa pemahaman struktur 3D memerlukan keupayaan visualisasi spatial. Keupayaan visualisasi spatial dikatakan menjadi faktor kognitif utama yang menyebabkan berlaku perbezaan dalam pencapaian dan mempunyai impak ke atas kefahaman bahan visualisasi 3D berbantuan komputer (Huk, 2006; Keehner *et al.*, 2004). Pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial akan mendapat manfaat yang berbeza apabila belajar dengan menggunakan bahan pembelajaran yang berasaskan animasi atau 3D interaktif (Hoffler dan Leutner, 2011; Huk, 2006), yang bergantung kepada keupayaan mereka untuk mengekstrak maklumat yang berkaitan kemudian menggabungkan maklumat ke dalam mental model sedia ada mereka.

Höffler (2010) menyatakan bahawa perbezaan dari aspek kualiti keupayaan visualisasi spatial dalaman pelajar bergantung sama ada mereka mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang tinggi (KVST) atau keupayaan visualisasi yang rendah (KVSR). Kajian dalam bidang ini menunjukkan bahawa pelajar KVST mempunyai prestasi yang lebih baik berbanding mereka dalam kategori KVSR (Münzer, 2015). Memandangkan keupayaan visualisasi spatial merupakan elemen yang penting dalam pembelajaran maka keupayaan visualisasi spatial seharusnya dibangunkan dalam diri pelajar sejak di awal persekolahan lagi kerana untuk mencapai pemahaman yang lebih mendalam dan lebih menyeluruh dalam sesuatu

mata pelajaran tersebut, ia memerlukan keupayaan visualisasi spatial. Walau bagaimanapun, kajian lepas telah mendapati bahawa keupayaan visualisasi spatial adalah sangat sukar untuk dicapai oleh pelajar (Wu *et al.*, 2001) dan tidak ditekankan dalam sistem pendidikan (Hegarty, 2014). Justeru itu, teknologi yang sesuai diperlukan untuk menyokong keupayaan visualisasi spatial yang merupakan salah satu kemahiran yang penting untuk dipelajari dan dikuasai pelajar kerana beberapa mata pelajaran yang diajar di peringkat sekolah dan di institusi pendidikan tinggi di negara kita memerlukan keupayaan visualisasi spatial tersebut terutamanya yang melibatkan sains.

Kebelakangan ini, terdapat pelbagai teknologi yang telah diintegrasikan dalam pendidikan antaranya adalah Augmented Reality (AR) yang membenarkan gabungan dunia fizikal dengan objek maya. AR merupakan salah satu teknologi terkini yang berpotensi dan memberikan impak positif terhadap P&P. Walau bagaimanapun, dapatan kajian berkaitan dengan keberkesanan AR dalam pendidikan adalah tidak konsisten. AR menunjukkan dapatan positif seperti membantu pelajar memahami sesuatu konsep (Martín-Gutiérrez *et al.*, 2015), meningkat motivasi dan minat (Di Serio *et al.*, 2012), meningkatkan interaksi pelajar-guru (Dede, 2009), meningkatkan pemahaman (Cai, Wang dan Chiang, 2014) dan lain-lain. Di sebaliknya, Slijepcevic (2013) mendapati tiada perbezaan yang signifikan di antara AR dan pembelajaran tradisional dalam memahami sesuatu kandungan pembelajaran. Kerawalla *et al.*, (2006) juga mendapati bahawa AR mengurangkan penglibatan pelajar. Oleh itu, AR mungkin tidak efektif bagi semua jenis pembelajaran. Ciri-ciri pelajar atau perbezaan individu boleh menyumbang kepada hasil pembelajaran yang berbeza dalam persekitaran pembelajaran berasaskan AR (O'Sheo *et al.*, 2011; Radu dan MacIntyre, 2012). Oleh itu, tidak sesuai untuk mengatakan bahawa penggunaan teknologi AR dalam pendidikan akan memberi manfaat yang sama rata berhubung dengan keupayaan visualisasi spatial (Radu, 2014). Oleh itu, lebih banyak kajian diperlukan untuk mengkaji kesan penggunaan AR dalam pendidikan. Maka dalam kajian ini penyelidik mengintegrasikan teknologi AR untuk membantu meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam ujian sains dan mengambil kira keupayaan visualisasi spatial sebagai pemboleh ubah perbezaan individu pelajar.

1.2 Latar Belakang Masalah

Secara umumnya keupayaan visualisasi spatial melibatkan keupayaan mental individu untuk membina, mengekal, mengingat dan memanipulasikan imej-imej visual (Lohman, 2003). Keupayaan ini juga telah dikenal pasti sebagai salah satu daripada komponen kepintaran seseorang (Hoffler, 2010) dimana perannya boleh mempengaruhi pencapaian kognitif pelajar.

1.2.1 Kekurangan Penekanan Keupayaan Visualisasi Spatial Dalam Pendidikan

Individu yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial dikatakan dapat mengenal pasti hubungan antara objek dan bentuk dengan lebih jelas (Al-Balushi, 2013). Menurut Höffler (2010), beliau bersetuju bahawa keupayaan ini merupakan elemen prasyarat yang penting dalam pembelajaran.

Oleh demikian, ramai pelajar yang berkebolehan tetapi mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang tidak mencukupi atau rendah untuk menyelesaikan sesuatu tugas, menyebabkan pencapaian mereka di dalam bidang yang melibatkan keupayaan ini merosot serta seterusnya mengurangkan minat pelajar (Dominguez *et al.*, 2012; Shea *et al.*, 2001; Sorby, 2001). Seseengah pelajar secara semula jadinya mempunyai keupayaan visualisasi yang tinggi berbanding pelajar lain (Piburn *et al.*, 2002). Kepelbagaian dalam keupayaan ini sering kali menjadi penyebab kepada kekecewaan seseorang individu pelajar tersebut dan juga guru semasa aktiviti P&P dijalankan. Pelajar yang secara semula jadinya mempunyai keupayaan visualisasi yang rendah sering merasa kecewa kerana tidak mampu menyelesaikan tugas yang dianggap mudah bagi pelajar lain. Walau bagaimanapun, kajian telah menunjukkan bahawa keupayaan visualisasi spatial seseorang tersebut boleh ditingkatkan menerusi latihan (Martin-Gutierrez *et al.*, 2010; Yang dan Cheng, 2010; Uttal *et al.*, 2013).

Oleh itu, keupayaan visualisasi spatial dikatakan sebagai antara keupayaan utama dalam memahami kebanyakan konsep di dalam sesuatu kurikulum tersebut namun ia sering diabaikan oleh pengajar (Hegarty, 2014; Mathewson, 1999). Selain itu, walaupun keupayaan visualisasi spatial memainkan peranan yang penting dalam pendidikan STEM (Clifton, 2014), ia seolah-olah kurang diberi perhatian dalam persekitaran pembelajaran berbanding dengan kebolehan kognitif lain (Maeda dan Yoon, 2013; Moreau, 2012) dan pendidik sering gagal untuk membangunkan keupayaan ini di kalangan pelajar-pelajar (Mohler, 2006; Sorby, 2009).

Terdapat sorotan kajian menyatakan bahawa kekurangan kaedah pengajaran yang berasaskan sistem visualisasi spatial bagi mempelajari sesuatu konsep, merupakan faktor yang boleh menjejaskan pencapaian pelajar (Gilbert, Boulter dan Rutherford, 2000; Harle dan Towns, 2010). Ramai pelajar yang menghadapi kesukaran untuk memahami sesuatu konsep yang melibatkan fenomena yang kompleks dan memerlukan keupayaan visualisasi spatial terutamanya dalam subjek seperti sains (Newcombe, 2010). Oleh sebab itu, pengajar sentiasa dicabar untuk mencari strategi-strategi baru untuk mewakili pengetahuan spatial yang boleh memberikan manfaat kepada pembelajaran pelajar. Secara tradisionalnya, strategi untuk mengatasi masalah pembelajaran yang melibatkan konsep spatial seperti sains adalah dengan menggunakan teks dan ilustrasi 2D.

Walau bagaimanapun, kebanyakan topik sains berhadapan dengan perwakilan dan model 3D. Oleh itu, memang tidak dapat dinafikan bahawa pemahaman struktur 3D memerlukan keupayaan visualisasi spatial. Laporan kajian-kajian yang lepas menunjukkan bahawa terdapat korelasi yang positif di antara keupayaan visualisasi spatial dengan pencapaian di dalam sains (Maeda dan Yoon, 2013; Sanchez dan Wiley, 2014; Uttal, Miller dan Newcombe, 2013). Justeru itu, ini bermaksud pelajar yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah di katakan mempunyai masalah dan kesukaran dalam pembelajaran sains (Ozdemir, 2010; Uttal dan Cohen, 2012).

Keupayaan visualisasi spatial berlaku di dalam pelbagai peringkat dan dalam pelbagai konteks dalam sains. Seperti yang dinyatakan oleh *National Academy of Sciences* (2006) yang menekankan kepentingan keupayaan visualisasi spatial dalam kehidupan seharian dan sains:

“Spatial thinking is not an add-on to an already crowded school curriculum, but rather a missing link across that curriculum. Integration and infusion of spatial thinking can help to achieve existing curricular objectives” (National Academy of Sciences, 2006, ms. 26).

Mata pelajaran sains telah dianggap sebagai mata pelajaran yang sukar di kalangan pelajar (Lorenzo, 2005; Sanchez dan Wiley, 2014). Dalam usaha untuk membantu pelajar untuk belajar dengan lebih baik dan dengan cara yang lebih efektif, mereka perlu mempunyai kemahiran visual sebagai medium untuk mereka berkomunikasi. Kebanyakan topik di dalam sains melibatkan pemahaman terhadap fenomena dan elemen yang dinamik dan berinteraksi merentas masa dan ruang. Oleh itu, memahami bagaimana elemen-elemen ini bergerak, berinteraksi dan berubah merentasi masa memerlukan keupayaan visualisasi yang tinggi dan sukar untuk di terjemahkan dan disampaikan dalam bentuk verbal (Hegarty, Canham, dan Fabrikant, 2010). Maka keupayaan visualisasi spatial diperlukan dan digalakkan bagi menghasilkan dan membina imej dalam diri kita bagi membantu memahami sesuatu konsep sekaligus menjadi asas yang membawa kepada proses pemikiran aktif, penaakulan dan penyelesaian masalah yang berkait rapat dengan pendidikan sains. Beberapa kajian telah melaporkan kepentingan mempunyai kemahiran visualisasi sebagai pra-syarat dalam memahami mata pelajaran sains (Hegarty, 2014; Höffler dan Leutner, 2011) terutama topik yang memerlukan imaginasi (Milner-Bolotin dan Nashon, 2012).

“Imagination is more important than knowledge”. Kata-kata Albert Einstein ini menggambarkan bahawa pengetahuan sahaja adalah tidak mencukupi dalam pembelajaran sains. Ini menunjukkan teknik pembelajaran secara hafalan tanpa mempunyai pemahaman yang mendalam tidak seharusnya dijadikan strategi dalam pembelajaran sains. Apa yang lebih penting ialah guru dapat membantu pelajar

membayangkan struktur sesuatu perkara tersebut. Walau bagaimanapun, ia tidak mudah untuk mendapatkan imaginasi seperti yang dinyatakan oleh Einstein. Mungkin terdapat beberapa pelajar yang berjaya memberikan jawapan yang betul dalam sesebuah peperiksaan, tetapi hakikatnya mereka hanya memberikan jawapan berdasarkan apa yang telah dihafalkan sahaja. Apabila dikaji dengan lebih lanjut, pelajar-pelajar ini di dapati gagal dalam memahami konsep-konsep asas sepenuhnya kerana mereka mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah (Uttal dan Cohen, 2012). Penyelidikan yang mengkaji aspek keupayaan visualisasi spatial dalam sains telah menunjukkan bahawa pelajar menghadapi beberapa kesukaran dalam memahami, mentafsir dan menterjemahkan disebabkan oleh mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah (Tuckey, Selvaratnam dan Bradley, 1991).

Keupayaan visualisasi yang rendah menyebabkan konsep yang di sampaikan oleh guru seringkali disalahtafsirkan oleh pelajar menyebabkan mereka gagal menyelesaikan masalah berkaitan konsep tersebut. Tambahan pula, telah menjadi kebiasaan bagi guru untuk menyampaikan isi kandungan sesuatu pelajaran sama ada yang berbentuk dinamik mahupun visual dengan menggunakan kaedah perkuliahan secara tradisional. Pengajaran dan pembelajaran dengan menggunakan kaedah tradisional sedikit sebanyak telah menyebabkan ramai pelajar kurang berminat dengan kandungan yang disampaikan oleh guru. Ini juga merupakan salah satu penyebab kenapa masih wujudnya masalah kelemahan pelajar dalam subjek sains masih tidak dapat diatasi sepenuhnya. Antara puncanya adalah guru menghadapi kesukaran untuk menerangkan kepada pelajar mengenai sesuatu isi pelajaran yang dinamik dengan menggunakan modul bercetak atau bahan pembelajaran fizikal seperti buku teks (Brooks, Borum dan Rosenørn, 2014).

1.2.2 Permasalahan Penggunaan Bahan Pembelajaran Fizikal

Seperti yang diketahui bahawa pelajar menghadapi kesukaran untuk memahami konsep yang abstrak dan kebanyakan bahan pembelajaran fizikal seperti buku teks tradisional tidak mencukupi untuk memberi pemahaman secara mendalam kepada pelajar (Pedrosa dan Dias, 2000). Akan tetapi, buku teks masih memainkan

peranan yang besar di dalam bidang pendidikan di seluruh dunia. Buku teks dikatakan mudah dibaca dan telah digunakan bertahun-tahun lamanya. Satu kelemahan besar buku teks walaupun telah dijadikan sebagai buku elektronik sekalipun adalah ianya masih bersifat statik (Craig dan McGrath, 2007) dan dengan keadaan ini, kandungannya tetap sama dan membuatkan pembaca menjadi pasif. Ramai penyelidik menunjukkan bahawa dengan menggunakan buku elektronik ianya dapat menarik perhatian pengguna dan menjadikan pengguna lebih bermotivasi. Tetapi interaksi pengguna hanya terhad kepada penggunaan tetikus dan papan kekunci sahaja untuk mengawal buku elektronik ini (Zhou *et al.*, 2011).

Walaupun teknologi web dan internet adalah popular, secara praktikalnya, kebanyakan pelajar lebih suka untuk membaca buku bercetak (Chao dan Chen, 2009; Coiro, 2003; Longhurst, 2003) daripada menghadap skrin komputer. Antara ciri popular buku bercetak adalah seperti mudah alih, mudah untuk mengambil nota, dan saiznya yang fleksibel (Morris, Brush, dan Meyers, 2007), lebih bertahan sekiranya terjatuh, dan menawarkan pembacaan yang lebih jelas apabila teks dan imej dicetak dengan resolusi yang tinggi (Koike, Sato dan Kobayashi, 2001). Ciri-ciri ini yang membuatkan penggunaan buku bercetak masih popular walaupun dalam gelombang digital. Menurut Van Boxtel, van der Linden dan Kanselaar (2000), walaupun aktiviti membaca berlaku secara aktif tetapi pelajar tidak sentiasa mempunyai pengetahuan yang mencukupi dan strategi yang efektif untuk membina makna daripada teks yang dibaca, apatah lagi membuat kesimpulan daripada isi kandungannya. Malangnya, media bercetak hanya menyediakan sumber-sumber yang sangat terhad untuk membantu pelajar menyelesaikan masalah ini dengan hanya mampu menggunakan media yang statik seperti simbol, teks, carta, dan graf. Tambahan pula, pelajar sering menghadapi kesukaran untuk memahami bahan bacaan yang kompleks atau istilah-istilah teknikal yang dibentangkan dalam buku berkenaan kerana mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah.

Justeru itu, kegagalan dalam memahami sesuatu isi kandungan akan menimbulkan masalah kesukaran dalam pembelajaran jangka panjang dan akan membawa kepada masalah kurang keyakinan diri dan tiada motivasi untuk terus belajar (Nation, Clarke, dan Snowling, 2002). Kefahaman adalah matlamat utama

dalam membaca di mana ia melibatkan satu proses untuk mengekstrak dan membina makna secara serentak hasil daripada interaksi dan penglibatan dengan bahasa penulisan (Snow, 2002). Kefahaman dalam membaca adalah satu proses dimana pembaca aktif menghubungkan idea-idea yang diwakili dalam bentuk cetakan kepada pengetahuan dan pengalaman mereka sendiri serta membina perwakilan mental dalam ingatan (National Institute of Child Health and Human Development, 2000). Malangnya, tidak semua pembaca mempunyai pengetahuan dan pengalaman yang mencukupi untuk menghubungkan teks-teks yang terdapat dalam media cetakan.

Selain itu, di dalam buku bercetak, ianya sukar bagi pembaca untuk memahami sesuatu maklumat yang boleh diwakilkan dengan gambar bergerak dan bunyi tetapi disampaikan dengan hanya menggunakan gambar statik di dalam buku (Taketa *et al.*, 2007). Walau bagaimanapun, buku teks, novel, majalah dan apa bentuk jenis penerbitan secara bercetak menghadapi dua kelemahan iaitu ketidakupayaan untuk terus menggambarkan objek 3D dan ketidakupayaan untuk menyampaikan maklumat yang dinamik seperti menunjukkan pergerakan (Craig dan McGrath, 2007; Rasimah *et al.*, 2011). Justeru itu, keadaan ini menyebabkan pelajar sukar untuk memahami konsep-konsep yang memerlukan keupayaan visualisasi spatial seperti sains yang kemudian membawa kepada masalah salah faham. Salah faham konsep berlaku di mana idea yang dipegang oleh pelajar biasanya bertentangan dengan konsep-konsep saintifik yang sebenar. Pelajar-pelajar akan memegang kepercayaan ini dengan kukuh dan ia kemudian menjadi batu penghalang dalam proses pembelajaran pelajar. Terdapat pelbagai strategi pembelajaran yang dicadangkan untuk mendorong perubahan konsep pelajar dalam sains.

Antaranya adalah seperti integrasi strategi pembelajaran berasaskan inkuiri yang dikatakan mempunyai potensi untuk meningkatkan pemahaman pelajar (Gillies dan Nichols, 2015; National Research Council, 2000), mendorong perubahan konsep (Tanner dan Allen, 2005) dan juga pemikiran aras tinggi (Hsu, Lai dan Hsu, 2015). Pembelajaran berasaskan inkuiri dalam pendidikan sains dapat menggalakkan pelajar untuk meneroka dunia melalui pemerhatian dan pengelasan objek-objek (National Research Council, 1996). Pembelajaran berasaskan inkuiri merupakan aktiviti atau

keupayaan yang memberi fokus kepada pembelajaran berpusatkan pelajar seperti membuat pemerhatian, merancang penyiasatan, mencadangkan penyelesaian dan menerangkan fenomena harian (National Research Council, 1996, 2000; van Booven, 2015). Atau dengan kata lain, pembelajaran inkuiri merujuk kepada persekitaran pembelajaran di mana pelajar menjalankan aktiviti penyiasatan secara sendiri (Wang *et al.*, 2014). Dalam pembelajaran berasaskan inkuiri, tujuannya adalah untuk membantu pelajar untuk menjana penjelasan hipotetikal-deduktif mengenai fenomena sains, yang boleh menambah konsep baru kepada pengetahuan domain pelajar atau memperbaiki salah faham konsep pelajar.

Pembelajaran berasaskan inkuiri boleh dibahagikan kepada beberapa strategi dan protokol. Salah satu strategi pembelajaran inkuiri yang digunakan untuk membantu pelajar membina konsep sains yang tepat adalah strategi pembelajaran inkuiri POE iaitu **P**rediction (Ramalan), **O**bservation (Pemerhatian) dan **E**xplanation (Penerangan) yang diperkenalkan oleh White dan Gunstone (1992). Strategi POE adalah selari dengan sebahagian inkuiri (National Research Council, 1996) yang berasaskan pembelajaran berpusatkan pelajar di mana ianya boleh meningkatkan minat pelajar dan mudah untuk diimplementasikan (Tekin, 2008). Selain itu, pendekatan POE juga membenarkan pelajar untuk memperolehi kemahiran dalam meramal kes saintifik dan mempunyai peluang untuk melihat sama ada ramalan mereka benar atau tidak berdasarkan pemerhatian. Dengan cara ini, pemahaman sesuatu konsep dan kemahiran proses saintifik mereka juga dapat ditingkatkan (Yavuz dan Çelik, 2013). Langkah pertama strategi ini adalah pelajar membuat ramalan mengenai sesuatu situasi atau peristiwa, kemudian mereka menjalankan eksperimen atau pemerhatian dan menyatakan dapatan yang diperolehi daripada fasa pemerhatian. Akhir sekali, pelajar diminta untuk menerangkan persamaan atau perbezaan di antara ramalan dan pemerhatian. Kajian-kajian lepas melaporkan bahawa aplikasi strategi POE ini dalam konteks teknologi mempunyai potensi dalam meningkatkan pemahaman pelajar dalam bidang sains (Kearney *et al.* 2001; Tao dan Gunstone, 1999; Zacharia 2005). Walau bagaimanapun, bilangan kajian yang menggunakan strategi POE berbantuan teknologi adalah terhad (Hsu, Tsai dan Liang, 2011; Kearney dan Treagust, 2000). Maka penggunaan teknologi diperlukan untuk membantu mengatasi masalah ini.

1.2.3 Cabaran Pembelajaran Berbantuan Teknologi

Seiring dengan perkembangan zaman, kini teknologi telah berkembang pesat dan semakin canggih. Dengan keadaan sedemikian membuatkan kebanyakan pendidik ingin menggunakan teknologi baru untuk meningkatkan pembelajaran pelajar. Fokus utama pendidik adalah memikirkan bagaimana untuk meningkatkan hasil pembelajaran pelajar. Melalui penciptaan pelbagai teknologi kini, ia memberikan peluang kepada guru dan pelajar supaya dapat meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran dalam sistem pendidikan. Sejak kebelakangan ini, persekitaran pembelajaran telah mengintegrasikan beberapa teknologi ke dalam bidang pendidikan antaranya adalah seperti komputer, bahan multimedia, animasi, internet, alat pengarang Web 2.0, simulasi, permainan dan terbaru pembelajaran mobil dan teknologi imersif seperti persekitaran dunia maya 3 dimensi (3D) dan Augmented Reality (AR) (Dror, 2008). Persekitaran dunia maya 3D boleh dikatakan sebagai evolusi teknologi WWW dimana ianya telah berjaya memberi impak apabila diaplikasikan ke dalam bidang pendidikan (Chittaro dan Ranon, 2007; Dalgarno dan Lee, 2010) dan beberapa kajian mengatakan bahawa ciri-ciri imersif dan interaktif yang terdapat pada teknologi ini berupaya menggalakkan penglibatan dan motivasi pelajar (Huang, Rauch dan Liaw, 2010; Shen dan Eder, 2009).

Walaupun bagaimanapun, untuk imersifkan pelajar ke dalam dunia nyata dan berinteraksi dengan dunia tersebut bukan perkara yang mudah. Secara semula jadinya dunia kita adalah dalam bentuk 3D, tetapi kita lebih suka untuk menggunakan media statik seperti buku bercetak yang berbentuk 2D di dalam pendidikan kerana ianya lebih mudah, fleksibel, mudah alih dan tidak mahal. Tetapi disebabkan oleh ianya statik maka ia tidak dapat memberikan kandungan yang dinamik. Walaupun buku cetakan yang hanya berasaskan teks dan di lihat kurang menarik, buku-buku ini masih dijadikan sebagai salah satu sumber pembelajaran yang utama dalam persekitaran pendidikan sampai kini (Chen, Teng dan Lee, 2011; Coiro, 2003; Elias, Phillips dan Luechtefeld, 2012; Ozelik dan Acarturk, 2011; Uluyol dan Agca, 2012). Bayangkan jika buku teks bercetak merupakan media yang kurang efektif tetapi masih menjadi sumber maklumat yang utama bagi pelajar, bagaimana kita boleh mempertingkatkan keberkesanan buku teks cetakan yang statik

ini kepada sesuatu yang lebih dinamik sifatnya tetapi masih mengekalkan ciri-ciri fizikal buku tersebut?

Faktor-faktor ini telah mendorong kepada penyelidikan mengenai ciri-ciri buku yang mana ianya ditambahkan dengan kesan teknologi yang membolehkan ianya menjanakan objek maya dan meningkatkan keberkesanan buku bercetak. Sebagai alternatif, persekitaran maya dalam bentuk 3D hasil penjaan komputer boleh digunakan tetapi ianya memerlukan keupayaan komputer grafik yang tinggi dimana ianya amat mahal. Walaupun mempunyai peluang untuk menggunakan persekitaran dunia maya dalam P&P, ianya agak sukar untuk menyediakan keadaan persekitaran yang benar-benar tampil nyata. Apabila pengguna imersif sepenuhnya ke dalam persekitaran ini, mereka akan terpisah dari persekitaran sebenar. Maka teknologi yang dapat menggabungkan dunia maya dan dunia nyata seperti Augmented Reality (AR) diperlukan untuk menyokong faktor-faktor tersebut.

AR merupakan antara teknologi terkini yang mempunyai potensi yang besar dan semakin dikenali di kalangan penyelidik dalam bidang pendidikan. Dengan keupayaan menggabungkan dunia maya dan nyata secara bersama telah berjaya menghasilkan satu pendekatan baru untuk mempertingkatkan kualiti aktiviti P&P yang dijalankan. Ramai penyelidik berpendapat bahawa AR berpontensi dan mampu memberikan manfaat yang besar untuk diaplikasikan ke dalam persekitaran pengajaran dan pembelajaran terutamanya dalam bidang sains (Akçayır *et al.*, 2016; Cai, Wang dan Chiang, 2014; Delello, 2014).

AR dapat memperkayakan pandangan seseorang terhadap dunia nyata dengan maklumat yang lebih lanjut. Pendekatan pengajaran berasaskan AR mampu memindahkan sesuatu maklumat daripada buku teks yang statik kepada suatu corak pembelajaran yang lebih menarik dan berkesan serta boleh menerangkan sesuatu konsep yang kompleks di mana perkara-perkara yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar dapat diterangkan dengan mudah (Wojciechowski dan Cellary, 2013). Selain itu, AR mempunyai potensi untuk menggalakkan dan memotivasikan pelajar untuk menerokai bahan pembelajaran dari pelbagai perspektif (Chen *et al.*, 2011) dan dikatakan berguna untuk pembelajaran subjek yang pelajar tidak dapat melihat atau

melakukan sendiri di dalam dunia nyata (Yilmaz, 2016). Penyampaian objek atau elemen AR dalam bentuk 3D juga membantu masalah konsep yang sukar untuk difahami dalam media 2D (Woods *et al.*, 2004).

Dalam pada itu, AR juga menunjukkan potensi dalam menyokong keupayaan visualisasi spatial (Martin-Gutierrez *et al.*, 2010), pemahaman konsep (Cai, Wang dan Chiang, 2014), pembelajaran kinestatik (Krauss *et al.*, 2009) dan penglibatan pelajar (Ucelli *et al.*, 2005). Selain itu, beberapa kajian juga berjaya membuktikan bahawa AR boleh menyediakan persekitaran yang sama dengan persekitaran pembelajaran kolaboratif secara semula jadinya (Waldner *et al.*, 2006). Di samping itu, berbekalkan ciri-ciri yang unik seperti membenarkan pengguna untuk memanipulasi bahan-bahan pembelajaran dari pelbagai sudut yang berbeza, maka AR mungkin dapat meningkatkan keupayaan visualisasi spatial di kalangan pelajar. Keunikan seperti ini menyediakan pelajar dengan peluang pembelajaran yang biasanya tidak dapat dilihat di dalam persekitaran pembelajaran sains di sekolah-sekolah di mana pelajar biasanya hanya merujuk kepada gambar dalam bentuk 2D di dalam buku teks. Dalam pada itu, AR membenarkan pengguna untuk berinteraksi dengan elemen visual menerusi tangan mereka sendiri dan bukan melalui tetikus yang biasa digunakan dalam teknologi lain.

1.2.4 Kekurangan Kajian Penggunaan AR dalam P&P

Walaupun AR mempunyai asas teori yang kukuh dalam membantu proses pengajaran dan pembelajaran, kebanyakan kajian yang dilaksanakan tidak menunjukkan keputusan yang konsisten terhadap penggunaan AR (Kerawalla *et al.*, 2006; Morisson *et al.*, 2009; Juan *et al.*, 2010). Dari sini timbul persoalan, mengapa kajian berkaitan AR tidak konsisten dalam mencari kesan signifikan yang positif. Ketepatan reka bentuk adalah aspek yang penting yang akan menentukan keberkesanan sesuatu perisian berasaskan AR (Sommerauer dan Müller, 2014), di mana reka bentuk yang tidak sesuai akan menyebabkan bebanan kognitif pelajar meningkat sepanjang aktiviti pengajaran dan pembelajaran (Sweller, 1994) dan ini

memberi kesan yang negatif terhadap proses pembelajaran. Justeru itu, AR perlu direka bentuk dan dibangunkan berdasarkan teori pembelajaran tertentu untuk keberkesannya yang maksimum. Teori kognitif pembelajaran multimedia (*Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML)) menyediakan penerangan kenapa AR boleh meningkatkan pembelajaran. CTML mempunyai tiga andaian: (1) manusia mempunyai dua saluran untuk pemprosesan maklumat, saluran audio/verbal dan saluran visual/gambar, (2) setiap saluran hanya boleh memproses jumlah maklumat yang terhad sahaja pada satu masa dan (3) pembelajaran merupakan proses yang aktif yang terdiri daripada memilih maklumat yang diterima, menyusun maklumat yang dipilih ke dalam perwakilan mental dan mengintegrasikan perwakilan mental dengan pengetahuan sedia ada (Mayer, 2009). Berdasarkan andaian teori ini, CTML mencadangkan prinsip-prinsip untuk mereka bentuk bahan pembelajaran yang lebih efektif yang sesuai untuk diaplikasikan dalam AR.

Akan tetapi, jika dibandingkan dengan teknologi lain seperti multimedia dan pembelajaran atas talian, kajian tentang penggunaan AR dalam pendidikan masih dianggap diperingkat awal lagi dan kebanyakan kajian yang berkaitan dengan AR lebih tertumpu kepada dimensi teknologi itu sendiri berbanding dimensi pedagogi (Fonseca *et al.*, 2014). Menyedari hakikat bahawa teknologi AR masih boleh diperkembangkan lagi maka kajian lanjutan perlu dijalankan oleh penyelidik lain dalam beberapa cara untuk menangani dan memperbaiki kekurangan yang wujud dalam kajian-kajian lepas. Antaranya adalah seperti yang dibincangkan berikut.

Hanya terdapat sebilangan kecil sahaja kajian yang mengkaji aspek keupayaan visualisasi spatial dengan penggunaan teknologi AR (Cheng dan Tsai, 2012; Kaufmann *et al.*, 2005). Kajian perbezaan individu seperti keupayaan visualisasi spatial dengan menggunakan teknologi AR adalah amat terhad. Seperti yang dinyatakan oleh Slijepcevic (2013), yang mencadangkan kajian lanjutan perlu dijalankan bagi mengkaji sama ada AR boleh membantu pelajar meningkatkan keupayaan visualisasi spatial mereka yang rendah setelah mereka berinteraksi dengan teknologi ini. Dalam kajian Slijepcevic (2013) yang mengkaji kesan AR terhadap keupayaan visualisasi spatial pelajar menunjukkan beberapa kelemahan dalam kajian

beliau. Antaranya adalah seperti instrumen yang digunakan untuk mengukur prestasi pembelajaran mempunyai nilai kebolehpercayaan yang rendah.

Selain itu, walaupun dalam kebanyakan kajian AR menunjukkan keberkesanannya dalam membantu pembelajaran, namun begitu, kebanyakan kajian yang menggunakan teknologi AR tidak mengkaji dengan jelas mengenai proses pembelajaran atau mengkaji hasil pembelajaran pelajar selepas menggunakan teknologi ini (Kerawalla *et al.*, 2006; Marti'n Gutie'rrez *et al.*, 2010; Shelton dan Stevens, 2004). Dalam mengkaji apa yang pelajar telah belajar, kebanyakan kajian teknologi visualisasi AR bergantung kepada analisis ujian pra dan ujian pasca sahaja untuk menentukan bagaimana prestasi teknologi visualisasi tersebut. Penyelidikan seperti ini lebih tertumpu kepada hasil pembelajaran dan bukannya memberi tumpuan terhadap proses yang berlaku semasa aktiviti pembelajaran itu berlangsung.

Seperti yang dinyatakan oleh *Emerging Technology Initiatives of New Media Consortium (NMC)* dalam *Horizon Reports* (NMC 2010, 2011 dan 2012), AR merupakan salah satu teknologi baru yang mempunyai potensi dalam pembelajaran. Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh Martin *et al.*, (2011) yang mengkaji perkembangan teknologi dalam pendidikan meramalkan bahawa penggunaan AR dalam aktiviti pengajaran dan pembelajaran akan menjadi salah satu bidang penyelidikan yang membawa manfaat dan meningkatkan lagi kualiti pendidikan sedia ada. Akan tetapi, untuk merealisasikan kenyataan tersebut menurut Azuma, Billinghurst dan Klinker (2011), Cheng dan Tsai (2014), kita memerlukan penyelidikan-penyelidikan yang mengkaji berkaitan dengan cara atau bagaimana untuk menggunakan AR dengan lebih efektif serta mengkaji dengan lebih mendalam mengenai proses pembelajaran atau interaksi pelajar semasa menggunakan AR untuk tujuan pembelajaran. Di samping itu, hanya terdapat beberapa kajian sahaja yang mengkaji proses pembinaan pengetahuan yang melibatkan penggunaan teknologi AR. Seperti yang dicadangkan oleh Cheng dan Tsai (2013) dan Yilmaz (2016) bahawa kajian lanjutan diperlukan untuk memahami dan mengkaji proses pembelajaran dengan lebih mendalam.

Justeru itu, kajian lanjutan mengenai proses pembelajaran atau interaksi pelajar dengan AR diperlukan dan menjadi isu yang penting untuk dikaji. Interaksi merupakan salah satu ciri yang paling penting dalam pembelajaran (Moore, 1993). Walaupun interaksi disediakan dalam beberapa kes, reka bentuk interaksi yang lemah boleh menyebabkan pembelajaran yang tidak efektif, yang kemudian membawa kepada kekeliruan dan beban kognitif (Calisir dan Gurel, 2003; Lustria, 2007). Jika interaksi yang sesuai tidak disedari di antara pelajar dan AR, teknologi ini mungkin boleh membuatkan pelajar menjadi pasif. AR membenarkan pelajar untuk berinteraksi dan menyediakan interaksi yang kaya (Bujak *et al.*, 2013; Wojciechowski dan Cellary, 2013; Wu *et al.*, 2013). Walau bagaimanapun, menentukan bagaimana pelajar berinteraksi dengan AR dan interaksi yang mana adalah penting untuk penyiasatan yang lebih mendalam dalam berinteraksi dengan AR. Interaksi pelajar membenarkan kita memahami bagaimana strategi pembelajaran boleh diaplikasikan dalam persekitaran pembelajaran (Hou dan Wu, 2012) dan juga membenarkan kita untuk memahami proses pembelajaran pelajar dengan lebih mendalam (Hou dan Wu, 2011).

Oleh sebab penggunaan AR dalam bidang pendidikan masih di peringkat awal lagi (Fonseca *et al.*, 2014) dan kebanyakan kajiannya memberi perhatian terhadap pendidikan peringkat tinggi (Yilmaz, 2016), serta hanya sebilangan kecil yang mengkaji mengenai interaksi pelajar semasa menggunakan AR maka penyelidikan berkaitan dengan proses pembelajaran yang melibatkan interaksi pelajar dengan AR diperlukan untuk membangunkan kerangka pembelajaran. Dengan adanya kerangka pembelajaran ini, ianya dapat menyediakan panduan dalam membantu pelajar dalam mempelajari topik sains yang melibatkan keupayaan visualisasi spatial dengan menggunakan AR yang seterusnya dapat meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains.

1.3 Pernyataan Masalah

Selama bertahun-tahun, mekanisma yang sering digunakan untuk menggambarkan konsep yang sukar yang biasanya terdiri daripada fenomena tiga dimensi adalah melalui buku teks yang statik (Huang, Wu dan Chen, 2012; Mathewson, 1999), lakaran di papan hitam (del Campo, Negro dan Núñez, 2012) dan skrin komputer yang rata-ratanya digambarkan melalui paparan dua dimensi sahaja (Radu, 2014). Pendidik juga mempunyai masalah untuk menggunakan bahan pengajaran 2D untuk mengajar konsep yang pelajar biasanya melihat dalam bentuk 3D dan memerlukan keupayaan visualisasi yang tinggi (Chen *et al.*, 2011). Seperti yang dilaporkan oleh Harle dan Towns (2010) yang menyatakan bahawa kekurangan kaedah pengajaran yang menyediakan bahan pembelajaran yang berasaskan visualisasi spatial bagi mempelajari sesuatu konsep adalah sangat mencabar bagi pelajar dan seterusnya boleh membawa kepada kemerosotan dalam pencapaian mereka.

Justeru itu, keupayaan visualisasi spatial dikatakan sebagai antara keupayaan utama dalam memahami kebanyakan konsep yang abstrak di dalam sesuatu kurikulum serta memainkan peranan yang penting dalam P&P. Walau bagaimanapun, ianya sering diabaikan oleh pengajar (Hegarty, 2014; Mathewson, 1999), kurang diberi perhatian dalam persekitaran pembelajaran berbanding dengan kebolehan kognitif yang lain (Meda dan Yoon, 2013) dan pendidik sendiri sering gagal untuk membangunkan keupayaan ini di kalangan pelajar-pelajar (Mohler, 2006; Sorby, 2009) sehingga mengakibatkan pelajar-pelajar masih mempunyai keupayaan visualisasi yang rendah (Merchantz *et al.*, 2013). Di dalam konteks Malaysia sendiri, beberapa kajian telah membuktikan bahawa pelajar-pelajar kita masih mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah (Ali dan Nordin, 2012; Maizam dan Azlina, 2010; Rafi, Samsudin dan Said, 2008). Kajian awal juga dijalankan oleh penyelidik untuk menyokong kenyataan ini iaitu untuk menentukan tahap keupayaan visualisasi spatial dikalangan pelajar dan dapatan menunjukkan bahawa majoriti pelajar masih mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah (Rujuk sub topik 3.4.1 Bab 3).

Rentetan daripada itu, pelajar yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang rendah didapati mempunyai masalah dalam memahami kebanyakan konsep yang memerlukan keupayaan visualisasi spatial yang tinggi seperti sains. Ramai pelajar yang masih mempunyai masalah salah konsep dalam sains. Justeru itu, ahli psikologi kognitif mempercayai bahawa kebolehan pelajar untuk memahami sains berkait rapat dengan eksplorasi mereka terhadap masalah saintifik (Riedl, 2004). Oleh itu, strategi pembelajaran berasaskan inkuiri POE yang merupakan kaedah pedagogi yang berasaskan kepada penyiasatan kepada soalan, senario atau masalah mempunyai potensi untuk mendorong pelajar membetulkan idea-idea dan pengetahuan asal pelajar dan membimbing dalam pembentukan pengetahuan yang tepat (White dan Gunstone, 1992).

Menyedari hakikat ini, berdasarkan kepada masalah keupayaan visualisasi spatial yang rendah yang membawa kepada masalah pemahaman pelajar dalam bidang sains, pengkaji ingin menggunakan dan mengaplikasikan teknologi AR dengan berstrategikan pendekatan inkuiri POE dalam kajian ini memandangkan AR mampu menyampaikan maklumat visual dan spatial pada masa yang sama dan pendekatan POE yang dapat mendorong perubahan konsep pelajar. Pelbagai media yang wujud seperti buku, video, komputer desktop, telefon mudah alih, papan putih interaktif dan wii yang boleh digunakan untuk menyokong keupayaan visualisasi spatial tetapi ianya kurang efektif berbanding AR (Radu, 2013). Ini menunjukkan AR mempunyai potensi yang besar dalam menyampaikan konsep yang melibatkan keupayaan visualisasi spatial. Selain itu, dengan wujudnya interaksi dengan objek maya, ia juga dikatakan dapat meningkatkan pemahaman pelajar (Radu, 2014) yang seterusnya dapat membantu dalam proses pembelajaran. Dengan menghasilkan objek 3D di atas permukaan dunia nyata, AR seolah-olah memberikan perasaan seronok lantas ia dapat mengekalkan tumpuan pelajar (Schnier *et al.*, 2011) terhadap konsep yang dipelajari terutamanya konsep yang sukar untuk disampaikan dengan menggunakan kaedah yang lain.

Untuk membangunkan AR yang efektif, ketepatan reka bentuk merupakan aspek yang penting. Justeru itu, AR perlu direka bentuk dan dibangunkan berdasarkan teori pembelajaran yang sesuai untuk memaksimumkan keberkesanannya dalam menyokong proses pembelajaran. Teori kognitif

pembelajaran multimedia (*Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)*) menyediakan prinsip-prinsip reka bentuk bahan pembelajaran yang lebih efektif yang sesuai untuk diaplikasikan dalam AR supaya penyampaianya dapat menyediakan kualiti pembelajaran yang berkesan. Kualiti pembelajaran boleh dicapai melalui teknologi jika kita memahami bagaimana untuk menggunakan teknologi tersebut dengan betul. Begitu juga dengan teknologi AR dimana Radu dan MacIntyre (2012) menyatakan bahawa kajian mengenai AR perlu diperbanyakkan lagi kerana AR dalam pendidikan masih merupakan bidang yang agak baru dan kebanyakan kajian AR dalam bidang pendidikan dijalankan di peringkat pendidikan tinggi (Yilmaz, 2016) dan keadaan ini menyebabkan kekurangan panduan dalam menggunakan AR supaya dapat memaksimumkan lagi potensi dalam pembelajaran terutamanya yang berkaitan dengan interaksi pelajar dan bagaimana perbezaan keupayaan visualisasi spatial pelajar mempengaruhi keupayaan pelajar dalam memahami dan menggunakan AR.

Oleh itu, penghasilan satu kerangka pembelajaran bagi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dalam menggunakan AR untuk meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains diperlukan. Tidak memadai jika teknologi hanya diperkenalkan dalam bidang pendidikan tanpa menggabungkannya ke dalam proses pengajaran atau pedagogi. Ini bermaksud, selain pengetahuan tentang proses pedagogi, pengetahuan mengenai teknologi dan bagaimana untuk menggunakannya harus dikuasai pelajar sebagai prasyarat untuk membentuk pengetahuan bermakna yang berasaskan teknologi di dalam kelas. Jika pelajar hanya mampu mengendalikan kemudahan teknologi sahaja tanpa mampu mengetahui bagaimana untuk menggunakannya dengan berkesan dalam P&P sekaligus memberi kesan terhadap perkembangan pembelajaran pelajar.

Oleh yang demikian, penyelidik ingin mengkaji kesan penggunaan AR terhadap keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian sains pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial. Seterusnya sebuah kerangka pembelajaran dengan menggunakan AR dihasilkan berdasarkan kepada analisis interaksi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial semasa menggunakan AR dan hasilnya diharapkan dapat digunakan sebagai garis panduan dalam P&P yang memerlukan penggunaan AR agar pembelajaran dapat berlaku secara efektif dan maksima.

1.4 Objektif Kajian

Objektif bagi penyelidikan ini adalah seperti berikut:

- i. Merencanakan dan membangunkan satu perisian AR untuk pembelajaran sains dengan mengintegrasikan ciri-ciri berikut:
 - a) Prinsip reka bentuk teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (CTML)
 - b) Strategi pembelajaran berasaskan inkuiri (POE)
- ii. Mengkaji kesan perisian AR terhadap pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dari aspek:
 - a) Tahap keupayaan visualisasi spatial
 - b) Pencapaian dalam ujian sains
- iii. Mengkaji hubungan di antara tahap keupayaan visualisasi spatial pelajar dengan pencapaian dalam ujian sains
- iv. Mengkaji interaksi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dengan perisian AR dan hubungannya dengan:
 - a) Tahap keupayaan visualisasi spatial
 - b) Pencapaian dalam ujian sains
- v. Menghasilkan satu kerangka pembelajaran bagi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dalam menggunakan AR untuk meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains.

1.5 Persoalan Kajian

Beberapa persoalan kajian yang akan dijawab dalam kajian ini adalah seperti berikut:

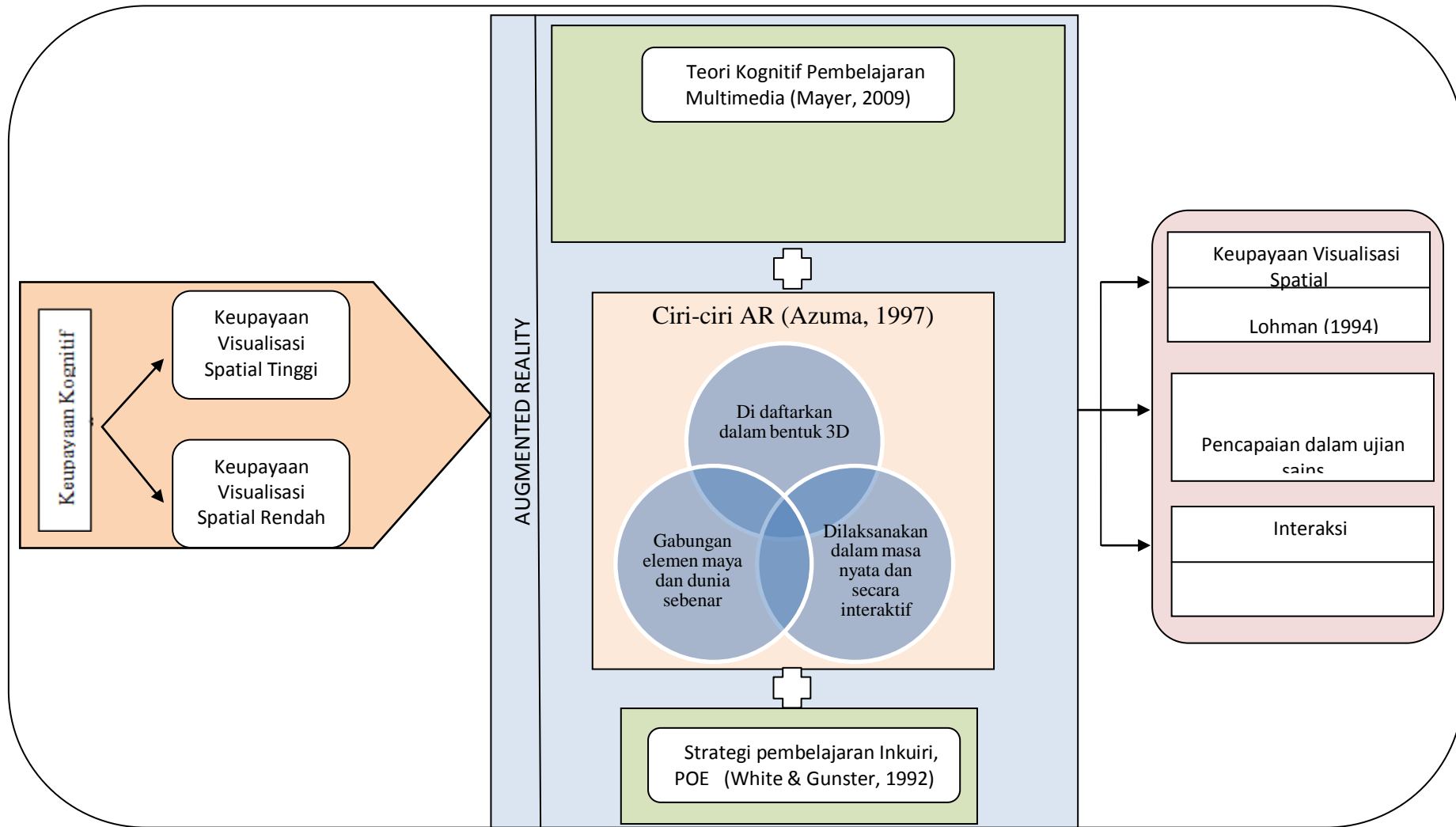
- i. Apakah kesan perisian AR terhadap pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dari aspek:
 - a) Tahap keupayaan visualisasi spatial?
 - b) Pencapaian dalam ujian sains?
- ii. Apakah hubungan di antara tahap keupayaan visualisasi spatial pelajar dengan pencapaian dalam ujian sains?

- iii. Apakah interaksi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial semasa menggunakan perisian AR dan hubungannya dengan:
 - a) Tahap keupayaan visualisasi spatial?
 - b) Pencapaian dalam ujian sains?
- iv. Apakah bentuk kerangka pembelajaran bagi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dalam menggunakan AR untuk meningkatkan keupayaan visualisasi spatial dan pencapaian dalam sains?

1.6 Kerangka Teori

Kerangka teori bertindak sebagai garis panduan dalam menjalankan sesuatu kajian yang menghubungkan semua pemboleh ubah atau idea utama yang terlibat dalam kajian. Di dalam kajian ini, penyelidik menggunakan beberapa konsep utama yang bertindak sebagai asas yang akan menyumbang kepada pembangunan kerangka pembelajaran seperti yang di cadangkan. Kerangka teori memudahkan kita dalam mengenalpasti perkaitan di antara pemboleh ubah dan idea-idea utama tersebut secara teorinya.

Berdasarkan kepada isu keupayaan visualisasi spatial yang rendah, maka kita memerlukan strategi atau cara untuk meningkat keupayaan visualisasi dan pencapaian di kalangan pelajar. Maka teknologi AR yang mempunyai ciri-ciri yang unik seperti gabungan objek dunia maya dan dunia nyata dilihat mempunyai potensi yang besar dalam membantu menyokong pembelajaran pelajar dari aspek-aspek tersebut. Akan tetapi, keupayaan AR perlu dibina dengan teori yang sesuai supaya AR tersebut mempunyai potensi yang tinggi untuk meningkatkan pemahaman dan pencapaian pelajar. Kerangka teori yang digunakan dalam kajian ini adalah seperti dalam Rajah 1.1. Antara teori dan model yang digunakan di dalam kajian ini dibincangkan selanjutnya dalam sub topik berikutnya.



Rajah 1.1 Kerangka Teori

1.6.1 Keupayaan Visualisasi Spasial

Keupayaan visualisasi spasial boleh dinyatakan sebagai keupayaan mental individu untuk membina, mengekal, mengingat dan memanipulasikan imej visual (Lohman, 1994). Keupayaan visualisasi spasial dikenal pasti sebagai salah satu daripada komponen kepintaran seseorang (Hoffler, 2010; Kaufman, 2007). Oleh yang demikian, keupayaan spasial boleh mempengaruhi pencapaian kognitif pelajar. Bodner dan Guay (1997) membahagikan keupayaan spasial kepada dua dimensi iaitu visualisasi spasial dan orientasi spasial. Visualisasi spasial ialah kebolehan individu untuk melakukan proses pengkodan dan transformasi bentuk spasial dalam minda tanpa bergantung pada kelajuan putaran berkenaan (Hegarty dan Kozhevnikov, 1999). Manakala, orientasi spasial kebolehan untuk mengekalkan orientasi spasial sesuatu objek (Kaufman, 2006). Banyak kajian yang dilakukan oleh penyelidik mendapati keupayaan spasial mempengaruhi pencapaian pelajar terutamanya dalam bidang sains (Keehner *et al.*, 2004; Urhahne, Nick dan Schanze, 2009).

Keupayaan visualisasi spasial memainkan peranan yang penting di dalam P&P di mana pelajar yang mempunyai keupayaan visualisasi spasial yang rendah didapati mempunyai kesukaran dalam memahami sesuatu konsep yang sukar (Newcombe, 2010). Keadaan ini menyebabkan pelajar sering menghadapi kesukaran terhadap sesuatu konsep yang dipelajari. Selain itu, keupayaan visualisasi spasial juga merupakan ciri perbezaan dalam individu seseorang. Hegarty dan Waller (2005) menyatakan bahawa pelajar mempunyai perbezaan dari aspek kualiti keupayaan visualisasi spasial dalaman yang bergantung kepada sama ada mereka mempunyai keupayaan visualisasi spasial yang tinggi atau rendah. Kajian dalam bidang ini telah menunjukkan bahawa pelajar yang mempunyai keupayaan visualisasi spasial yang tinggi mempunyai kelebihan berbanding mereka yang mempunyai keupayaan visualisasi spasial yang rendah (Höffler, 2010).

Keupayaan visualisasi spasial dikatakan sebagai faktor kognitif utama yang menyebabkan berlakunya perbezaan dalam prestasi dan mempunyai impak terhadap pemahaman visualisasi 3D (Huk, 2006). Pelajar dengan keupayaan visualisasi spasial yang berbeza akan memperolehi manfaat yang berbeza apabila belajar dengan bahan

pembelajaran yang berasaskan 3D (Hoffler dan Leutner, 2011; Huk, 2006) yang bergantung kepada keupayaan dalam mengekstrak maklumat yang berkaitan dan kemudian membentuk dan menggabungkan maklumat ke dalam model mental mereka.

Münzer, Seufert, dan Brunken (2009) menjelaskan bahawa proses kognitif itu adalah bergantung kepada sumber kognitif dalam ingatan kerja. Sumber kognitif adalah berkait langsung dengan keupayaan spatial pelajar. Oleh demikian, Mayer dan Sims (1994) mencadangkan bahawa pelajar yang mempunyai tahap keupayaan spatial yang lebih tinggi akan mempunyai kelebihan berbanding pelajar yang rendah tahap keupayaan spatialnya. Sejarar dengan andaian ini, maka pelajar yang rendah tahap keupayaan spatial akan mengalami masalah dalam menghasilkan perwakilan model mental struktur tiga dimensi terutamanya yang melibatkan konsep sains apabila belajar dengan alat visualisasi dua dimensi (i.e rajah, ilustrasi, grafik). Andaian ini di sokong oleh kajian analisis meta oleh Hoffler (2010) yang mendapati pelajar yang tinggi tahap keupayaan spatial menunjukkan prestasi yang lebih baik berbanding dengan pelajar yang rendah apabila belajar dengan alat visualisasi statik.

Huk (2006) menjelaskan perbezaan ini berlaku kerana pelajar berkeupayaan spatial tinggi mempunyai lebih sumber kognitif berbanding dengan pelajar rendah keupayaan. Kelebihan sumber kognitif ini membantu pelajar untuk membina model mental daripada visualisasi model tiga dimensi yang digunakan dalam kajian berkenaan. Kelebihan ini dinyatakan oleh Mayer dan Sims (1994) sebagai '*ability-as-enhancer hypothesis*'. Menurut Mayer dan Sims (1994), pelajar dengan keupayaan spatial tinggi dapat memperuntukkan sumber kognitif yang mencukupi dalam membina model berdasarkan kepada persembahan maklumat visual dan aural. Selain itu, Mayer dan Sims (1994) juga menyatakan andaian yang kedua sebagai '*ability-as-compensator*' di mana pelajar dengan keupayaan visualisasi spatial yang rendah mungkin mendapat sokongan daripada visualisasi kerana mereka disediakan dengan perwakilan luaran untuk sesuatu proses atau prosedur yang kompleks yang membantu mereka untuk membina model mental yang mencukupi.

1.6.2 Augmented Reality

Ludwig dan Reimann (2005) menyatakan bahawa AR boleh didefinisikan sebagai interaksi manusia-komputer di mana berlakunya situasi menambahkan objek maya ke dalam persekitaran sebenar yang dipaparkan oleh kamera video dalam masa nyata. Secara umumnya, terdapat dua jenis perisian AR yang telah dilaporkan dalam kajian Pence (2010) dan Behzadan dan Kamat (2013) iaitu (1) AR berasaskan penanda (*marker based AR*) dan (2) AR tanpa penanda (*markerless AR*). Secara umumnya AR yang berasaskan penanda memerlukan penanda/label tertentu untuk mendaftarkan posisi objek maya 3D yang akan di paparkan di persekitaran dunia sebenar. Di sebaliknya, berbeza dengan AR berasaskan penanda, AR tanpa penanda menggunakan data posisi atau lokasi yang dihasilkan oleh peranti mudah alih, sistem kedudukan global (GPS) atau mana-mana bahagian dalam persekitaran sebenar untuk menentukan lokasi dan sasaran, kemudian menjanakan dan memaparkan maklumat secara maya.

Dalam kajian ini, ciri-ciri AR yang digunakan untuk membangunkan perisian AR adalah berdasarkan kepada ciri-ciri yang dinyatakan oleh Azuma. Azuma (1997) menggariskan 3 ciri-ciri yang dimiliki oleh AR iaitu: (a) gabungan elemen maya dan dunia sebenar, (b) dilarikan dalam masa nyata dan secara interaktif dan (c) di daftarkan dalam bentuk 3 Dimensi (3D). Dalam kajian ini, ciri-ciri AR oleh Azuma (1997) dipilih berbanding ciri-ciri lain yang lebih terkini adalah kerana kebanyakan ciri-ciri terkini lebih tertumpu kepada peranti yang digunakan seperti HMD, telefon pintar dan lain-lain. Berbeza dengan konteks kajian ini yang menggunakan kamera web sebagai peralatan pengganti yang lebih sesuai dan selari dengan ciri-ciri yang digariskan oleh Azuma (1997). AR menggabungkan aspek realiti maya dan persekitaran dunia sebenar dengan membenarkan pengguna untuk berpeluang melihat objek maya 3D dalam ruang dunia sebenar.

1.6.3 Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia

Selain itu, AR perlu dibina dengan prinsip atau teori yang sesuai supaya AR dapat memberikan kesan yang lebih baik. AR telah dianggap sebagai kandungan multimedia yang terletak di dalam persekitaran yang nyata (Santos *et al.*, 2014). Oleh itu, teori pembelajaran multimedia (Mayer, 2009) boleh diaplikasikan dalam mereka bentuk AR. Dalam kajian ini sebuah perisian AR dibangunkan dengan mengambil kira prinsip-prinsip yang dinyatakan dalam teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (*Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML)) oleh Mayer (2009). Penyelidik memilih CTML kerana ia merupakan kerangka yang disokong oleh kajian empirikal yang luas (Yue *et al.*, 2013) dan dibangunkan atas teori-teori yang terkemuka seperti teori dual coding dan teori beban kognitif, yang dapat membantu menjelaskan pelbagai hasil pembelajaran. Teori ini juga menyediakan penjelasan yang sesuai mengapa AR boleh meningkatkan pencapaian (Chiang, Yang dan Hwang, 2014; Santos *et al.*, 2014; Sommerauer dan Müller, 2014). Dalam istilah umum, CTML menegaskan bahawa seseorang mempelajari dengan lebih baik daripada teks dan gambar berbanding daripada teks sahaja (Mayer, 2009). Mayer (2002) telah mencadangkan tiga andaian dalam Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia iaitu (1) dua saluran pemprosesan maklumat; (2) kapasiti terbatas; dan (3) pemprosesan aktif. Ketiga-tiga andaian ini dijelaskan dalam Jadual 1.1.

Jadual 1.1: Andaian Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia

Andaian	Penjelasan	Rujukan Berkaitan
Dua Saluran	Manusia mempunyai dua saluran pemprosesan maklumat iaitu saluran auditori/verbal dan saluran visual/gambar	Paivio (1990)
Kapasiti Terbatas	Setiap saluran pemprosesan maklumat boleh memproses maklumat dengan jumlah yang terhad pada satu masa	Sweller, Ayres, & Kalyuga (2011)
Pemprosesan Aktif	Pembelajaran merupakan proses yang aktif melalui pemilihan maklumat kemasukan yang relevan, penyusunan maklumat terpilih kepada perwakilan mental dan mengintegrasikan perwakilan mental dengan pengetahuan sedia ada.	Mayer (2002)

Teori Mayer menyatakan bahawa seseorang pelajar yang menggunakan multimedia akan melalui tiga proses kognitif yang penting. Proses kognitif yang pertama ialah memilih perkataan atau teks bagi pemprosesan dalam memori kerja verbal dan memilih imej-imej bagi pemprosesan dalam memori kerja visual. Proses kognitif kedua ialah mengorganisasikan perkataan atau teks yang dipilih kepada model mental verbal dan mengorganisasikan imej-imej yang dipilih kepada model mental visual. Proses kognitif ketiga ialah menggabungkan perwakilan verbal dan visual serta pengetahuan sedia ada (Mayer, 2001). Komponen utama teori CTML adalah konsisten dengan teori rekabentuk instruksi multimedia yang lain seperti teori beban kognitif Sweller (1999).

Berdasarkan kepada andaian ini, CTML mencadangkan beberapa prinsip untuk mereka bentuk pembelajaran multimedia yang efektif (Mayer, 2009). Mayer telah menunjukkan bahawa prinsip-prinsip tertentu dalam teori ini secara langsung berkaitan dengan AR (Santos *et al.*, 2014). Menurut Sommerauer dan Müller (2014) dan Santos *et al.*, (2014) daripada prinsip-prinsip ini, berikut mempunyai perkaitan secara langsung dengan AR iaitu 1) prinsip multimedia, (2) prinsip spatial contiguity, (3) prinsip temporal contiguity, dan (4) prinsip isyarat (*signalling*). Santos *et al.*, (2014) menjelaskan bahawa teori pembelajaran multimedia boleh diaplikasi dengan teknologi AR dengan membuat dua penggantian iaitu:

1. Objek sebenar menggantikan gambar/visual
2. Simbol dan teks maya menggantikan perkataan.

Oleh itu, penyelidik berpendapat bahawa AR sepatutnya direka bentuk dan diaplikasikan dengan pendekatan yang betul dengan menggabungkan prinsip-prinsip reka bentuk seperti, (1) prinsip multimedia, (2) prinsip spatial contiguity, (3) prinsip temporal contiguity, dan (4) prinsip isyarat.

Pertama, prinsip multimedia menyatakan bahawa manusia dapat belajar dengan lebih baik daripada perkataan dan gambar berbanding dengan perkataan sahaja. Seterusnya, prinsip spatial contiguity dan temporal contiguity menyatakan bahawa pembelajaran boleh ditingkatkan apabila ruang dan masa di antara elemen-elemen maklumat yang berbeza tetapi berkaitan dikurangkan. Manusia dikatakan

dapat belajar dengan lebih baik apabila perkataan dan gambar yang berkaitan dapat ditunjukkan berdekatan di antara satu sama lain pada masa yang sama. Selain itu, prinsip isyarat menyatakan bahawa seseorang dapat belajar dengan lebih baik apabila terdapat isyarat yang membawa perhatian kepada struktur maklumat yang penting dalam persekitaran pembelajaran.

Secara keseluruhannya, teori kognitif pembelajaran multimedia adalah teori asas dalam reka bentuk mesej multimedia (Mayer, 2009). Teori ini menghuraikan bahawa model mental verbal dan model mental visual akan dibina dalam ingatan kerja manusia hasil daripada proses kognitif yang berlaku apabila ingatan kerja menerima maklumat multimedia melalui deria penglihatan dan deria pendengaran. Maka dalam kajian ini, kesemua prinsip yang disenaraikan di atas digunakan dalam membangunkan perisian AR.

1.6.4 Strategi Pembelajaran Inkuiri POE

Strategi pembelajaran berasaskan inkuiri, Predict-Observe-Explain (POE) oleh White dan Gunstone (1992) dipilih untuk diterapkan dalam perisian AR. Strategi pembelajaran inkuiri mencerminkan teori pembelajaran konstruktivis yang menjelaskan bahawa pelajar bukan hanya menerima pengetahuan secara pasif daripada gurunya tetapi membina sendiri pengetahuan dan konsepnya berdasarkan kerangka konsep sedia ada. Pengetahuan dibina dalam konteks interaksi sosial dan bahan pembelajaran dengan pengetahuan sedia ada dan pengalaman baru. Dalam teori konstruktivis lagi, pengetahuan dan pemahaman sedia ada pelajar merupakan elemen yang paling penting kerana ia menentukan kesan sesebuah proses pembelajaran.

Pembelajaran dikatakan sebagai satu proses di mana pengetahuan asas seseorang di struktur kembali dengan pengetahuan baru. Dapatan kebanyakan kajian telah menunjukkan bahawa pengetahuan sedia ada pelajar sering bercanggah dengan konsep-konsep sains di mana kebanyakan pelajar tidak dapat menguasai sepenuhnya

konsep sains yang dipelajari. Ini telah membawa penyelidik untuk mencari jawapan kepada persoalan bagaimana salah faham boleh ditukar kepada konsep saintifik. Oleh itu, strategi pengajaran yang dipelopori oleh White dan Gunstone (1992) berdasarkan fahaman konstruktivis dan strategi (POE) digunakan menerusi platform AR untuk mewujudkan konflik kognitif yang boleh membantu pelajar untuk memahami sesuatu konsep. Dalam langkah pertama strategi ini, pelajar akan membuat ramalan tentang hasil demonstrasi atau eksperimen yang akan diperolehi sebelum eksperimen dilakukan. Langkah kedua melibatkan guru eksperimen di mana pelajar diminta memerhati dan mencatatkan pemerhatian yang didapati daripada AR. Seterusnya dalam langkah terakhir, pelajar akan diminta untuk menerangkan persamaan dan perbezaan di antara dapatan dalam langkah ramalan dan pemerhatian untuk membetulkan ramalan awal yang bercanggah dengan konsep saintifik yang betul yang wujud dalam pelajar.

1.6.5 Interaksi Penggunaan AR

Interaksi pelajar semasa menggunakan AR juga merupakan antara fokus dalam kajian ini. Tujuan interaksi ini dijalankan adalah untuk menjelaskan bagaimana seseorang pelajar belajar melalui interaksi dengan AR dan juga sesama rakan-rakan. Terdapat dua bentuk interaksi yang dikaji iaitu interaksi pelajar-dengan AR dan juga interaksi pelajar dengan pelajar yang boleh didapati dalam bentuk perbualan, audio dan juga pergerakan dan tingkah laku seseorang pelajar tersebut. Justeru itu, pengkaji memerlukan skema pengkodan tertentu supaya dapat membahagikan bentuk-bentuk interaksi tersebut kepada beberapa kategori yang sesuai. Maka untuk kajian ini, pengkaji menggunakan model interaksi pelajar dengan AR oleh Cheng dan Tsai (2014) kerana skema ini dibangunkan khasnya untuk mengkaji interaksi pengguna dengan AR dan merangkumi kesemua elemen yang hendak dikaji oleh penyelidik. Secara umumnya, interaksi dengan AR yang digariskan oleh Cheng dan Tsai (2014) merangkumi dua jenis interaksi iaitu interaksi yang ditunjukkan oleh pelajar sesama pelajar iaitu secara perbualan dan juga interaksi pelajar semasa menggunakan AR.

1.6.6 Rumusan Kerangka

Secara keseluruhannya, kerangka teori ini merangkumi beberapa model utama. AR yang mengambilkira ciri-ciri yang digariskan oleh Azuma (1997) digabungkan dengan Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (Mayer, 2003) dan berstrategikan persekitaran pembelajaran inkuiri POE digunakan oleh pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial. Kemudian interaksi pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial dengan AR direkodkan dan dianalisis dengan menggunakan skema pengekodan model Cheng dan Tsai (2014) untuk mendapatkan corak interaksi yang dapat meningkatkan keupayaan visualisasi spatial mereka serta pencapaian dalam sains.

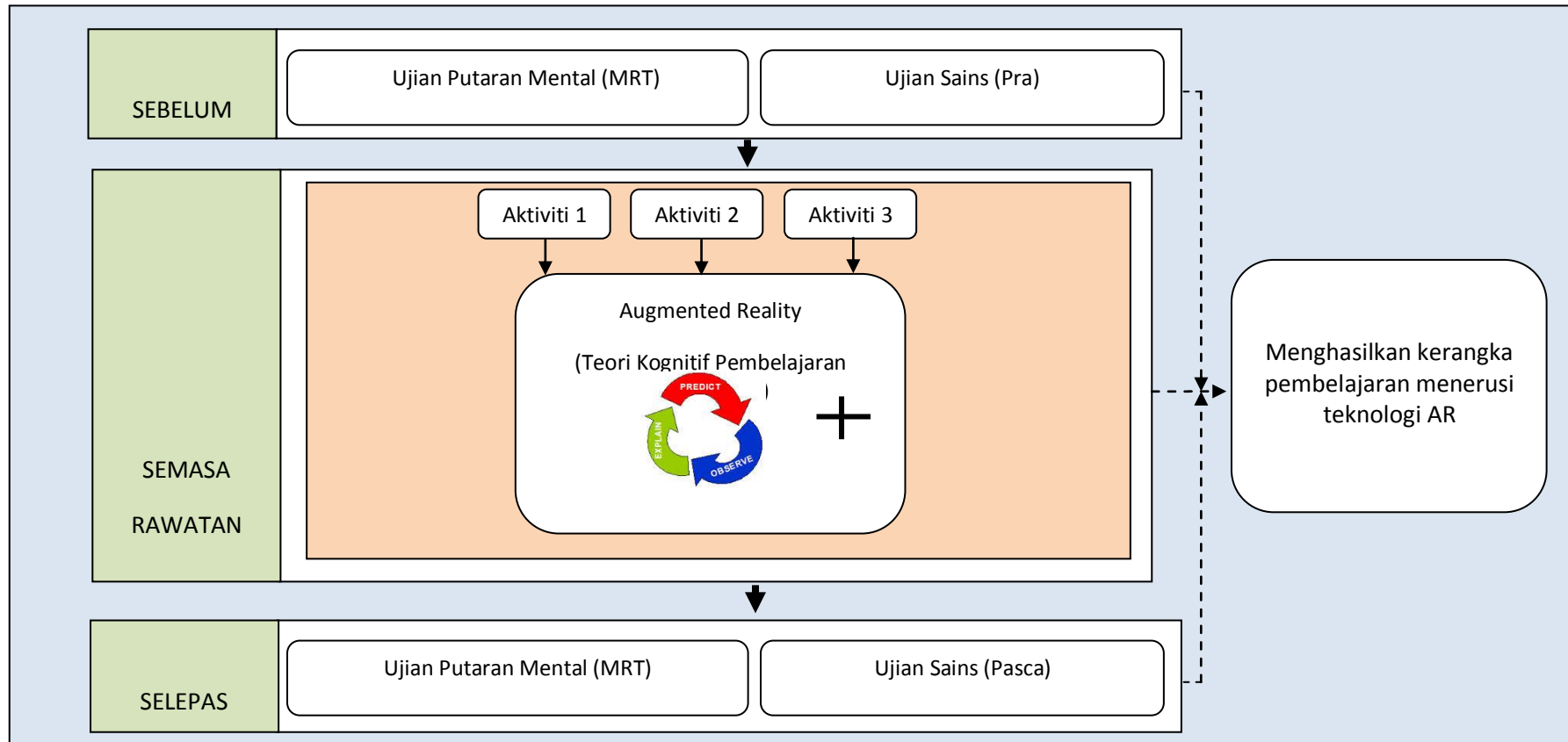
1.7 Kerangka Kajian

Kajian ini di jalankan berdasarkan kerangka kajian seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2. Secara umumnya, aktiviti dijalankan seperti berikut: Dalam fasa “SEBELUM”, pelajar diberikan ujian putaran mental (MRT) untuk mendapatkan tahap keupayaan visualisasi sama ada mereka tergolong dalam kumpulan yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang tinggi atau rendah. Selain itu, ujian sains pra juga diedarkan dalam fasa ini untuk menilai pengetahuan sedia ada pelajar mengenai topik yang di uji. Tujuan ujian-ujian ini adalah untuk mendapatkan skor ujian sebelum rawatan (AR) diberikan kepada responden.

Kemudian dalam fasa “SEMASA RAWATAN”, perisian AR digunakan untuk menggambarkan fenomena dan konsep-konsep yang berkaitan dengan topik sains dan pelajar diminta untuk menggunakan AR dan membincangkannya secara bersama dengan rakan. Di dalam fasa ini, pelajar diberikan masalah atau tugas untuk diselesaikan dengan menggunakan AR. Semasa mereka membincangkan sesama rakan dan menggunakan AR, proses rakaman video dan audio dijalankan untuk merekodkan interaksi mereka. Kemudian data interaksi tersebut dianalisis dengan menggunakan skema pengekodan verbal dan bukan verbal. Dalam menganalisis proses perbincangan pelajar, penyelidik menggunakan kerangka yang

dicadangkan oleh Cheng dan Tsai (2014) bagi interaksi pelajar dengan AR. Dialog-dialog serta aktiviti pelajar di kodkan kepada kategori mengikut kesesuaian dan ciri-ciri yang hampir menepati setiap kategori tersebut.

Seterusnya, dalam fasa “SELEPAS”, pelajar diberikan dengan ujian MRT dan ujian sains pasca beserta temubual untuk melihat sebarang perubahan yang berlaku selepas pelajar belajar dan berinteraksi dengan AR. Akhirnya berdasarkan corak tingkah laku pelajar semasa menggunakan AR, maka pengkaji mencadangkan sebuah panduan dalam menggunakan AR di kalangan pelajar yang mempunyai keupayaan visualisasi spatial yang berbeza supaya ianya dapat memaksimumkan pembelajaran pelajar.



Rajah 1.2 Kerangka Kajian

1.8 Rasional Kajian

Terdapat beberapa faktor yang mendorong pengkaji untuk menjalankan kajian serta menerokai isu-isu yang dibincangkan sebelum ini. Pertama, menyentuh mengenai keupayaan visualisasi spatial yang memainkan peranan yang penting dalam P&P. Seperti yang telah dimaklumkan, keupayaan visualisasi spatial dapat mempengaruhi pemahaman dalam pembelajaran pelajar. Namun, keupayaan ini dilihat kurang diberi perhatian, sukar untuk dibangunkan dan berada di tahap yang rendah di kalangan pelajar. Dan kebanyakan mata pelajaran yang dipelajari oleh pelajar terutamanya sains melibatkan keupayaan visualisasi spatial. Kebanyakan topik di dalam sains melibatkan pemahaman terhadap fenomena dan elemen yang dinamik dan berinteraksi merentas masa dan ruang. Oleh itu, memahami bagaimana elemen-elemen ini bergerak, berinteraksi dan berubah merentasi masa memerlukan keupayaan visualisasi yang tinggi dan sukar untuk di terjemahkan dan di sampaikan dalam bentuk verbal. Maka keupayaan visualisasi spatial diperlukan dan digalakkan bagi menghasilkan dan membina imej dalam diri pelajar bagi membantu memahami sesuatu konsep sekaligus menjadi asas yang membahawa kepada proses pemikiran aktif, penaakulan dan penyelesaian masalah yang berkait rapat dengan pendidikan sains. Beberapa kajian telah melaporkan kepentingan mempunyai kemahiran visualisasi sebagai pra-syarat dalam memahami mata pelajaran sains (Hegarty, 2014; Höffler dan Leutner, 2011) yang memerlukan imaginasi (Milner-Bolotin dan Nashon, 2012).

Kedua, rasional dalam mengkaji pencapaian pelajar terutamanya dalam subjek sains. Subjek sains telah dianggap sebagai mata pelajaran yang sukar di kalangan pelajar (Sanchez dan Wiley, 2014). Kebanyakan topik di dalam sains melibatkan pemahaman terhadap fenomena dan elemen yang dinamik dan berinteraksi merentas masa dan ruang. Pengajaran sains biasanya mengalami permasalahan dalam sesuatu pembelajaran formal. Ini disebabkan oleh pengajar sering menyampaikan konsep yang memerlukan elemen 3D dengan hanya menggunakan bahan-bahan seperti diagram 2D, menggunakan gambar rajah yang mengelirukan, yang boleh menyebabkan pelajar keliru dan cenderung untuk membina pemahaman yang salah. Ini merupakan punca mengapa prestasi sains di

kalangan pelajar kita adalah masih di peringkat yang rendah. Ini dapat dibuktikan melalui prestasi pelajar dalam pentaksiran *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) dan *Programme International Student Assessment* (PISA). Berdasarkan dapatan daripada pentaksiran tersebut, pencapaian pelajar Malaysia yang terlibat dengan kedua-dua pentaksiran Sains dan Matematik menunjukkan kadar penurunan pencapaian yang sangat ketara dan membimbangkan. Melihat kepada masalah ini, maka ianya perlu untuk kajian ini menjalankan kajian dan menilai pemboleh ubah yang melibatkan pencapaian dalam ujian sains. Selain itu, rasional pembelajaran inkuiri POE digunakan kerana ia menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan pemahaman pelajar terhadap ilmu sains menerusi kemahiran menyiasat, analisis data dan pemikiran kritikal di kalangan pelajar-pelajar.

Selain itu, antara rasional lain adalah mengenai interaksi di mana kajian ini dijalankan untuk melihat proses pembelajaran pelajar semasa mereka berinteraksi dengan AR. Seperti yang nyatakan sebelum ini bahawa kebanyakan kajian AR tidak mengkaji dengan jelas mengenai proses pembelajaran atau mengkaji hasil pembelajaran pelajar selepas menggunakan teknologi ini. Maka diharapkan kajian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai cara bagaimana pelajar mempelajari sesuatu konsep yang memerlukan keupayaan visualisasi spatial dengan menggunakan AR. Selain itu, memandangkan AR adalah satu teknologi baru dalam bidang pendidikan, maka kajian ini menyediakan rangka kerja awal bagaimana AR boleh digunakan dengan persekitaran pembelajaran dan pengajaran. Seterusnya, dengan melihat kepada pelajar yang berbeza keupayaan visualisasi spatial sebagai aspek yang mungkin mempengaruhi interaksi sewaktu belajar dan juga pencapaian dalam ujian sains, kajian ini dapat mengenalpasti perbezaan mahupun persamaan antara kedua-dua kategori tersebut. Dapatan ini dapat menunjukkan sama ada perisian AR ini benar-benar memberikan manfaat kepada kedua-dua golongan pelajar atau tidak. Seperti yang dimaklumkan sebelum ini, hal ini penting untuk diketengahkan memandangkan pelajar lazimnya adalah terdiri daripada pelbagai tahap keupayaan visualisasi spatial dan dengan cara ini kita dapat mengenali bagaimana untuk mengetahui cara terbaik untuk memenuhi keperluan individu.

1.9 Kepentingan Kajian

Pelaksanaan kajian ini dapat memberikan kepentingan kepada beberapa golongan dalam masyarakat pendidikan dalam konteks seperti berikut:

1.9.1 Pelajar

Pendekatan yang digunakan dalam membangunkan perisian AR di dalam kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman kepada pelajar dengan lebih terperinci tentang konsep yang memerlukan keupayaan visualisasi spatial seperti sains. Selain itu, penggunaan teknologi AR juga diharapkan dapat meningkatkan keupayaan visualisasi spatial pelajar kerana ia merupakan kebolehan yang penting dalam pembelajaran sains dan juga dalam dunia seharian. Beban kognitif pelajar hasil dari pembelajaran sains yang konsepnya kompleks juga dapat dikurangkan dengan integrasi teknologi AR yang membekalkan maklumat yang kaya dengan elemen interaktif dan spatial untuk memudahkan pelajar memahami sesuatu isi kandungan yang disampaikan. Di samping itu, ia juga dapat membantu pelajar untuk memahami konsep dengan lebih mudah dan cepat.

1.9.2 Pengajar atau Guru

Selain dapat membantu pelajar, ia juga boleh digunakan oleh pengajar dalam mempelbagaikan lagi kaedah dan pendekatan pengajaran dengan menggunakan pendekatan teknologi. Malah, menerusi penggunaan AR juga dapat membantu pengajar untuk tampil lebih mudah dalam menerangkan konsep sains yang sukar diterangkan hanya dengan menggunakan visual statik atau verbal sahaja. Aktiviti pengajaran dan pembelajaran juga akan jadi lebih mudah, cepat, dan menarik. Di samping itu, dapatan kajian ini juga akan dapat dijadikan sebagai panduan untuk guru sekiranya mereka ingin menggunakan AR dalam P&P.

1.9.3 Kementerian Pendidikan Malaysia

Selain itu, antara kepentingan kajian ini juga adalah ianya dapat menyokong hasrat kerajaan dengan mengaplikasikan teknologi untuk ke arah pembudayaan sains dan teknologi. Justeru itu, ia juga dapat mengetengahkan kelebihan mengintegrasikan teknologi dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Kajian ini juga boleh membantu dengan menyediakan kerangka pembelajaran yang sesuai untuk pihak kementerian pelajaran dalam mengintegrasikan teknologi AR di dalam konteks pendidikan.

1.10 Skop dan Batasan Kajian

Memandangkan kekangan masa dan kemampuan yang terhad dalam menjalankan sesuatu kajian yang konteksnya sangat luas, pengkaji menetapkan dan membataskan kajian ini mengikut beberapa skop yang dibincangkan seperti berikut. Dalam aspek sampel, responden dalam kajian ini terdiri daripada pelajar-pelajar tahun lima yang mengikuti subjek sains sahaja. Selain itu, kajian hanya memfokuskan kepada subjek sains bagi topik “Menyiasat Bumi dan Alam Semesta”. Dari segi AR, objek 3D sahaja yang digunakan sebagai objek maya. Tambahan lagi, untuk meningkatkan kadar imersif pelajar terhadap objek maya yang dihasilkan, penggunaan *head mounted display* (HMD) perlu digunakan. Tetapi memandangkan HMD merupakan peralatan yang sangat mahal, maka kajian ini menggunakan kamera web sebagai peralatan pengganti. Akhir sekali, strategi pembelajaran berasaskan inkuiri juga hanya menggunakan ciri-ciri yang berdasarkan protokol POE sahaja.

1.11 Definisi Operasi

Berikut adalah senarai istilah yang digunakan bagi menerangkan dengan lebih lengkap supaya ianya sesuai dan tepat dengan situasi kajian ini:

i. Augmented Reality

Augmented reality merujuk kepada penggunaan teknologi untuk menjanakan maklumat maya ke dalam persepsi pengguna di dunia sebenar dalam masa nyata (Yuen, YaoYuneyong dan Johnson, 2013). AR merupakan gabungan persekitaran dunia sebenar dengan objek maya di mana keupayaan ini membolehkan pengguna untuk melihat persekitaran dunia nyata bersama-sama dengan objek maya yang dijanakan. Elemen maya yang dijanakan oleh komputer boleh merangkumi teks, video, imej 2D, dan objek 3D. Dalam kajian ini, AR merujuk kepada sebuah buku interaktif yang diintegrasikan dengan kesan teknologi AR yang menjanakan animasi objek maya secara 3D di atas penanda AR yang diletakkan di dalam buku tersebut.

ii. Keupayaan Visualisasi Spasial

Keupayaan visualisasi spasial merupakan keupayaan mental untuk membayangkan bagaimana rupa bentuk sesuatu objek itu jika ianya diputar, dilipat, di ubah kedudukan dan lain-lain perubahan (Salthouse *et al.*, 1990). Dalam konteks kajian ini, keupayaan visualisasi spasial pelajar merujuk kepada kebolehan minda seseorang individu untuk menggambarkan sesuatu objek dalam bentuk 3D dan membayangkan perubahan objek tersebut apabila ia dimanipulasikan. Untuk menentukan sama ada pelajar tergolong dalam kumpulan keupayaan visualisasi spasial tinggi atau rendah, pengkaji kan menggunakan instrumen MRT untuk mengukur tahap keupayaan visualisasi spasial pelajar-pelajar.

iii. Pencapaian

Kamus Dewan Edisi Keempat mendefinisikan pencapaian sebagai sesuatu yang dicapai atau sesuatu yang telah berjaya dilaksanakan dengan usaha dan ketekunan. Dalam kajian ini pencapaian merujuk kepada peningkatan dalam ujian sains yang diberikan sebelum dan selepas menggunakan teknologi AR.

iv. Interaksi

Menurut Moore (1993), terdapat tiga bentuk interaksi iaitu interaksi pelajar-kandungan, pelajar-pelajar dan pelajar-pengajar. Dalam interaksi pelajar-kandungan, ramai penyelidik menyatakan bahawa ianya penting dalam menggalakkan tugas kognitif seperti memahami, ingatan dan imaginasi (Dalgarno, 2004). Manakala interaksi pelajar-pelajar dan pelajar-pengajar disokong oleh persekitaran yang disediakan. Dalam kajian ini, pengkaji hanya meletakkan fokus kepada interaksi pelajar-kandungan dan pelajar-pelajar sahaja dengan menggunakan skema pengkodan interaksi oleh Cheng dan Tsai (2014).

v. Kerangka Pembelajaran

Kerangka pembelajaran dalam kajian ini merujuk kepada panduan dalam menggunakan teknologi AR yang dapat menyumbang kepada peningkatan dalam keupayaan visualisasi spatial dan juga pencapaian dalam ujian sains. Kerangka pembelajaran ini diperolehi berdasarkan output model ramalan laluan pembelajaran menerusi analisis *data mining*.

1.12 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, Bab 1 menghuraikan mengenai pengenalan kepada kajian ini yang memberikan gambaran awal tentang apa yang hendak dikaji oleh penyelidik menerusi pernyataan objektif yang ingin dicapai serta persoalan kajian yang perlu dijawab. Bab ini juga turut menyentuh latar belakang kajian serta permasalahan yang berlaku dalam pembelajaran sains. Kerangka kajian dan teori juga turut dilakarkan untuk menunjukkan hubungan di antara elemen-elemen yang dikaji. Selain daripada itu, yang turut dibincangkan juga adalah mengenai rasional dan kepentingan serta skop bagi kajian ini. Pada bahagian terakhir dalam Bab 1 ini disenaraikan beberapa definisi bagi istilah-istilah yang digunakan bagi meningkatkan lagi kefahaman mengenai kajian ini.

RUJUKAN

- Abhishekh, D., Reddy, B. R., dan Kumar, R. R. (2013). Augmented Reality Based Approach in Educational Field Using AR Books. *Publications of Problems & Application in Engineering Research*, 4(1).
- Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., dan Ocak, M. A. (2016). Augmented Reality in Science Laboratories: The Effects of Augmented Reality on University Students' Laboratory Skills and Attitudes toward Science Laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.
- Al-Balushi S. M., (2013). The Relationship Between Learners' Distrust of Scientific Models, their Spatial Ability, and the Vividness Of Their Mental Images, *Int. J. Sci. Math. Educ.* 11 (3), 707–732.
- Arvanitis, T.N., Petrou, A., Knight, J.F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., dan Gialouri, E. (2007). Human Factors and Qualitative Pedagogical Evaluation of a Mobile Augmented Reality System for Science Education Used By Learners With Physical Disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing*. 13(3), 243-250.
- Azizi Yahaya, Shahrin Hashim, Jamaludin Ramli, Yusof Boon, dan Abdul Rahim Hamdan (2006). *Menguasai Penyelidikan Dalam Pendidikan:Teori, Analisis dan Interpretasi data. (1st ed.)*. Wangsa Melawati, Kuala Lumpur: PTS Professional Publishing Sdn. Bhd.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 6(4), 355-385.
- Azuma, R. T. (2004). Overview of Augmented Reality. *ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes*. 26.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., dan MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(6), 34-47.

- Azuma, R., Billinghurst, M., dan Klinker, G. (2011). Special Section on Mobile Augmented Reality. *Computers & Graphics*, 35(4), vii-viii.
- Back, M., Cohen, J., Gold, R., Harrison, S., dan Minneman, S. (2001). Listen Reader: An Electronically Augmented Paper-Based Book. *SIGCHI Conference On Human Factors In Computing Systems*, Seattle, WA, USA.
- Baddeley, A. (1992). Working Memory: The Interface between Memory and Cognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(3), 281-288.
- Baki, A., Kosa, T., dan Guven, B. (2011). A Comparative Study Of The Effects of Using Dynamic Geometry Software and Physical Manipulatives on the Spatial Visualisation Skills of Pre-Service Mathematics Teachers. *British Journal of Educational Technology*, 42(2), 291-310.
- Balog, A., dan Pribeanu, C. (2010). The Role of Perceived Enjoyment in The Students' Acceptance Of An Augmented Reality Teaching Platform: A Structural Equation Modelling Approach. *Studies in Informatics and Control*, 19 (3), 319-330.
- Barkley, E. F., Cross, K.P. dan Major, C. H. (2005). *Collaborative Learning Techniques: A Handbook For College Faculty*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Baxter, J. (1989). Children's Understanding of Familiar Astronomical Events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502 – 513.
- Behzadan, A. H., dan Kamat, V. R. (2012). Enabling Discovery-Based Learning in Construction Using Telepresent Augmented Reality. *Automation in Construction*. 33.
- Best, J. W., dan Kahn, J. V. (2003). *Research in Education* (9th ed.). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Billinghurst, M., Grasset, R., dan Looser, J. (2005). Designing Augmented Reality Interfaces. *ACM Siggraph Computer Graphics*. 39(1), 17-22.
- Billinghurst, M., Kato, H., dan Poupyrev, I. (2001). The MagicBook-Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *Journal IEEE Computer Graphics and Applications archive* 21(3), 6-8.
- Billinghurst, M., Kato, H., dan Poupyrev, I. (2001) The MagicBook: A Transitional AR Interface. *Computers & Graphics*. 25(5), 745–753.
- Billinghurst, M. (2002). Augmented Reality in Education. New Horizons for Learning, December. Di capai pada September 20, 2012 dari <http://www.newhorizons.org/strategies/technology/billinghurst.htm>.

- Billinghurst, M., dan Henrysson, A. (2009). Mobile Architectural Augmented Reality. Dalam *Mixed Reality In Architecture, Design And Construction* (pp. 93-104). Springer Netherlands.
- Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B., dan Sese, F. J. (2013). Using Clickers in Class. The Role Of Interactivity, Active Collaborative Learning And Engagement In Learning Performance. *Computers & Education*. 62, 102-110.
- Bodner, G. M., dan Guay, R. B. (1997). The Purdue Visualization Of Rotations Test. *The Chemical Educator*. 2(4), 1-17.
- Brederode, B., Markopoulos, P., Gielen, M., Vermeeren, A., dan de Ridder, H. (2005). Powerball: The Design Of A Novel Mixed-Reality Game For Children With Mixed Abilities. Dalam *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children*. 32-39.
- Brooks, E. P., Borum, N., dan Rosenørn, T. (2014). Designing Creative Pedagogies Through the Use of ICT in Secondary Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 112, 35-46.
- Bryman, A. dan Cramer, D. (2005). *Quantitative data analysis with SPSS 12 and 13*. London: Routledge.
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., Macintyre, B., Zheng, R., dan Golubski, G. (2013). A Psychological Perspective On Augmented Reality In The Mathematics Classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544.
- Cai, S., Wang, X., dan Chiang, F. K. (2014). A Case Study Of Augmented Reality Simulation System Application In A Chemistry Course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40.
- Caissie, A. F., Vigneau, F., dan Bors, D. A. (2009). What does the Mental Rotation Test measure? An Analysis Of Item Difficulty And Item Characteristics. *Open Psychology Journal*, 2(1), 94-102.
- Campbell, D. T. dan Stanley J. C. (1963). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Houghton Mifflin Company: Boston.
- Canal-Bruland, R., Zhu, F. F., van der Kamp, J., dan Masters, R. S. W. (2011). Target-Directed Visual Attention is A Prerequisite for Action-Specific Perception. *Acta Psychologica*, 136(3), 285–289.

- Capps, D. K., dan Crawford, B. A. (2013). Inquiry-Based Professional Development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science?. *International Journal of Science Education*, 35(12), 1947-1978.
- Carden, J., dan Cline, T. (2015). Problem Solving In Mathematics: The Significance Of Visualisation And Related Working Memory. *Educational Psychology in Practice*, 31(3), 235-246.
- Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey Of Factor-Analytic Studies*. New York: Cambridge University Press.
- Cascales, A., Laguna, I., Pérez-López, D., Perona, P., dan Contero, M. (2013). An Experience on Natural Sciences Augmented Reality Contents for Preschoolers. Dalam Virtual, Augmented and Mixed Reality. *Systems and Applications* (pp. 103-112). Springer Berlin Heidelberg
- Chang, K. P., dan Chen, C. H. (2015). Design of the Augmented Reality Based Training System to Promote Spatial Visualization Ability for Older Adults. In *International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality* (pp. 3-12). Springer International Publishing.
- Chang, H. Y., Wu, H. K., dan Hsu, Y. S. (2013). Integrating A Mobile Augmented Reality Activity To Contextualize Student Learning Of A Socioscientific Issue. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E95-E99.
- Chang, K. E., Chang, C. T., Hou, H. T., Sung, Y. T., Chao, H. L., dan Lee, C. M. (2014). Development and Behavioral Pattern Analysis Of A Mobile Guide System With Augmented Reality For Painting Appreciation Instruction In An Art Museum. *Computers & Education*, 71, 185-197
- Chao, P.-Y., dan Chen, G.-D. (2009). Augmenting Paper-Based Learning With Mobile Phones. *Interacting with Computers*, 21, 173– 185.
- Chen, Y. C. (2006). A Study Of Comparing The Use Of Augmented Reality And Physical Models In Chemistry Education. In *Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications* (pp. 369-372). ACM.
- Chen, C. J. (2006). Are Spatial Visualization Abilities Relevant To Virtual Reality? *E-Journal of Instructional Science and Technology*, 9(2).
- Chen, G. D., dan Chao, P.-Y. (2008). Augmenting Traditional Books with Context-Aware Learning Supports from Online Learning Communities. *Educational Technology & Society*, 11 (2), 27-40.

- Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H., dan Kang, S.-C. (2011). Use Of Tangible And Augmented Reality Models In Engineering Graphics Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 137 (4), 267–276
- Chen H, Kaiping Feng, Chunliu Mo, Siyuan Cheng, Zhongning Guo dan Yizhu Huang (2011). Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education IT in Medicine and Education (ITME). *International Symposium*. 2, 362 – 365.
- Chen, C.M., dan Tsai, Y.-N. (2012). Interactive Augmented Reality System For Enhancing Library Instruction In Elementary Schools. *Computers & Education*, 59(2), 638–652.
- Chen, Y. C., Wang, S. J., dan Chiang, Y. L. (2009). Exploring The Effect Of Presence In An AR-Based Learning Environment. *13th Global Chinese Conference on Computers in Education*, Taipei.
- Chen, N.S., Teng, D. C.E., dan Lee, C.H. (2011). Augmenting Paper-Based Reading Activity With Direct Access To Digital Materials And Scaffolded Questioning. *Computers & Education*. 57(2), 1705-1715.
- Cheng, K. H., dan Tsai, C. C. (2013). Affordances Of Augmented Reality In Science Learning: Suggestions For Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449–462.
- Cheng, K. H., dan Tsai, C. C. (2014). Children And Parents' Reading Of An Augmented Reality Picture Book: Analyses Of Behavioral Patterns And Cognitive Attainment. *Computers & Education*, 72, 302-312.
- Chien, C. H., Chen, C. H., dan Jeng, T. S. (2010). An Interactive Augmented Reality System For Learning Anatomy Structure. *In Proceedings Of International Conference Of Engineers And Computer Scientists*, 370-375.
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H. dan Hwang, G. J. (2014). Students' Online Interactive Patterns In Augmented Reality-Based Inquiry Activities. *Computers & Education*, 78, 97–108
- Chittaro, L., dan Ranon, R. (2007). Web3D Technologies in Learning, Education and Training: Motivations, Issues, Opportunities. *Computers & Education*, 49(1), 3–18
- Chua, Y.P. (2011). *Kaedah dan statistik penyelidikan. Buku 1: Asas Statistik Penyelidikan, Edisi Kedua*. Malaysia: McGraw-Hill.

- Chua, Y.P. (2013). *Kaedah dan statistik penyelidikan. Buku 2: Asas Statistik Penyelidikan, Edisi Kedua*. Malaysia: McGraw-Hill.
- Clark, A., dan Dünser, A. (2012). An Interactive Augmented Reality Coloring Book. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces 3DUI 2012*, CA, USA
- Clifton, P. (2014). Designing Embodied Interfaces To Support Spatial Ability. *Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (pp. 309-312). ACM.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient For Agreement For Nominal Scales. *Educational & Psychological Measurement*, 37-46
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis For The Behavior Science*. Lawrence Erlbaum Association.
- Cohen, C. (2005). The Influence of Spatial Ability on the Use of Dynamic, Interactive Animation in a Spatial Problem-Solving Task. Dalam *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*. 1-5
- Coiro, J. (2003). Reading Comprehension on The Internet: Expanding Our Understanding of Reading Comprehension to Encompass New Literacies. *Reading Teacher*, 56 (5), 458-464.
- Cook, T.D. dan Campbell, D.T. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and Analysis for Field Settings*. Rand McNally, Chicago, Illinois.
- Correa, A. G. D., de Assis, G. A., Nascimento, M. D., Ficheman, I., dan Lopes, R. D. D. (2007). Genvirtual: An augmented reality musical game for cognitive and motor Rehabilitation. In *Virtual Rehabilitation, 2007* (pp. 1-6). IEEE.
- Craig, A., dan McGrath R (2007). Augmenting Science Texts with Inexpensive Interactive 3D Illustrations.
- Creswell, J.W. (2005). *Educational research: Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research* (2nd ed.), Upper Saddle River, N.J.: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Creswell, J.W. (2012). *Educational research: Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.), Upper Saddle River, N.J.: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Dalgarno, B. (2004). A Classification Scheme For Learner-Computer Interaction. Dalam *Beyond the comfort zone, 21st annual conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education* (pp. 240-248).

- Dalgarno, B., dan Lee, M. J. W. (2010). What Are The Learning Affordances Of 3-D Virtual Environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10 – 32.
- Datta, S., dan Roy, D. D. (2016). Construction of Test Measuring Mental Rotation Ability of Adolescent High School Students. *The International Journal of Indian Psychology, Volume 3, Issue 2, No. 5*, 91.
- del Campo, J. M., Negro, V., dan Núñez, M. (2012). The History Of Technology In Education. A Comparative Study And Forecast. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 69, 1086-1092.
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement And Learning. *Science*, 323(5910), 66–69.
- Dede, C., Salzman, M., Loftin, R. B., dan Ash, K. (1997). Using Virtual Reality Technology To Convey Abstract Scientific Concepts. *Learning the Sciences of the 21st Century: Research, Design, and Implementing Advanced Technology Learning Environments*. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ.
- Delello, J. A. (2014). Insights From Pre-Service Teachers Using Science-Based Augmented Reality. *Journal of computers in education*, 1(4), 295-311.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? Dalam P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*. 1–19.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., dan Kloos, C. D. (2012). Impact Of An Augmented Reality System On Students' Motivation for a Visual Art Course. *Computers & Education*, 1-11.
- Dias, A. (2009). Technology Enhanced Learning And Augmented Reality: An Application On Multimedia Interactive Books. Di capai pada 28 Julai, 2014, dari <http://revistas.ulusofona.pt/index.php/iber/article/view/862/699>
- Dominguez, M. G., Martin-Gutierrez, J., Gonzalez, C. R., dan Corredeaguas, C. M. M. (2012). Methodologies And Tools To Improve Spatial Ability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 51, 736-744.
- Downing, R. E., Moore, J. L., dan Brown, S. W. (2005). The Effects And Interaction Of Spatial Visualization And Domain Expertise On Information Seeking. *Computers in Human Behavior*, 21(2), 195-209.
- Dror, I. (2008). Technology Enhanced Learning: The Good, The Bad, And The Ugly. *Pragmatics Cognition*, 2(2), 215 – 223.

- Dunleavy, M., Dede, C., dan Mitchell, R. (2009). Affordances And Limitations Of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations For Teaching And Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Dunlop, J. (2000). How Children Observe the Universe. *Publications Astronomical Society of Australia*, 17(2), 194-206.
- Dünser, A. (2008). Supporting Low Ability Readers With Interactive Augmented Reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 39.
- Dünser, A., dan Hornecker, E. (2007). Lessons from an AR book study. Dalam *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 179-182). ACM.
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., dan Glück, J. (2006). Virtual And Augmented Reality As Spatial Ability Training Tools. Dalam *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: design centered HCI* (pp. 125-132). ACM.
- Durlach, N., Allen, G., Darken, R., Garnett, R. L., Loomis, J., Templeman, J., dan von Wiegand, T. E. (2000). Virtual Environments And The Enhancement Of Spatial Behavior: Towards A Comprehensive Research Agenda. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(6), 593-615.
- Ebenezer, J., Chacko, S., Kaya, O. N., Koya, S. K., dan Ebenezer, D. L. (2010). The Effects Of Common Knowledge Construction Model Sequence Of Lessons On Science Achievement And Relational Conceptual Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 25-46.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the learning sciences*, 8(3-4), 391-450.
- Elias, E. C., Phillips, D. C., dan Luechtefeld, M. E. (2012). E-Books In The Classroom: A Survey Of Students And Faculty At A School Of Pharmacy. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. 4, 262–266.
- Eliot, J. (2002). About spatial intelligence: I. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2), 479.
- Elliot, S., dan Mikulas, C. (2011). Improving Student Science Knowledge and Skills: A Study of the Impact of Augmented-Reality Animated Content on Student Learning. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. 1, 2097-2105.

- El Sayed, N. A . M., Zayed, H. H., dan Sharawy, M . I. (2011). ARSC: Augmented Reality Student Card- An Augmented Reality Solution For The Education Field. *Computers & Education*, 56(4), 1045–1061
- Eursch, A. (2007). Increased Safety For Manual Tasks In The Field Of Nuclear Science Using The Technology Of Augmented Reality. *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2007. NSS'07. IEEE*, 3, 2053-2059
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., dan Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
- Feilzer, M. Y. (2010). Doing Mixed Methods Research Pragmatically: Implications For The Rediscovery Of Pragmatism As A Research Paradigm. *Journal of Mixed Methods Research*, 4(1), 6-16.
- Felder, R. M., dan Brent, R. (2005). Understanding student differences. *Journal of engineering education*, 94(1), 57-72.
- Feng, Z., Duh, H. B.-L., dan Billingham, M. (2008). Trends In Augmented Reality Tracking, Interaction And Display: A Review Of Ten Years of ISMAR . *7th IEEE/ACM International Symposium On Mixed And Augmented Reality (ISMAR)*, Cambridge, UK.193-202.
- Ferguson, A. M., Maloney, E. A., Fugelsang, J., dan Risko, E. F. (2015). On The Relation Between Math And Spatial Ability: The Case Of Math Anxiety. *Learning and Individual Differences*, 39, 1-12.
- Fisher, K. (2010). Technology-Enabled Active Learning Environments: An Appraisal. CELE Exchange 2010/7, OECD Publication. Di capai November 8, 2012 dari <http://www.oecd.org/dataoecd/33/38/45565315.pdf>.
- Fleck, S., dan Simon, G. (2013). An Augmented Reality Environment For Astronomy Learning In Elementary Grades: An Exploratory Study. In *Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (p. 14). ACM.
- Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., dan Sánchez, A. (2014). Relationship between Student Profile, Tool Use, Participation, and Academic Performance with the use of Augmented Reality technology for Visualized Architecture Models. *Computers in Human Behavior*. 31, 434–445.
- Froese, M. E., Tory, M., Evans, G. W., & Shrikhande, K. (2013). Evaluation of static and dynamic visualization training approaches for users with different spatial

- abilities. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 19(12), 2810-2817.
- Gagne R .M., Wager W.W., Golas K .C. dan Keller J.M (2005). Principles of Instructional Design. *Performance Improvement*, 44(2), 44-46.
- Gay, L.R., Mills, G.E., dan Airasian, P. (2006). *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications* . New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Geary, D. C., Saults, S. J., Liu, F., dan Hoard, M. K. (2000). Sex Differences In Spatial Cognition, Computational Fluency, And Arithmetical Reasoning. *Journal of Experimental child psychology*, 77(4), 337-353.
- George, D., dan Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A Simple Guide And Reference*. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J., dan Rutherford, M. (2000). Explanations With Models In Science Education. Dalam J.K. Gilbert dan C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 193-208). Dordrecht: Kluwer.
- Gillies, R. M. dan Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science*, 45, 171–191.
- Glenberg, A. M., Brown, M., dan Levin, J. R. (2007). Enhancing Comprehension In Small Reading Groups Using A Manipulation Strategy. *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 389-399.
- Goldberg, F., dan Bendall, S. (1996). Computer Video-Based Tasks For Assessing Understanding And Facilitating Learning in Geometrical Optics. *Improving Teaching And Learning In Science And Mathematics*, 54-64.
- Grasset, R., Dünser, A., dan Billinghamurst, M. (2008). Edutainment with a Mixed Reality Book: A Visually Augmented Illustrative Childrens' Book. *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 292-295.
- Gunstone, R.F. (1995). The Importance Of Specific Science Content In The Enhancement Of Metacognition. Dalam P.J. Fensham, R. F. Gunstone dan R.T. White (Ed.). *The Content Of Science : A Constructivist Approach To Its Teaching And Learning*. London: The Falmer Press.
- Gustafson, K. L. dan Branch, R.M (2002). What is instructional Design? Dalam R.A. Reiser dan J.V. Dempsey (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Design and Technology* (pp.16-25). New York, NY: Prentice-Hall.

- Ha, T., Lee, Y., dan Woo, W. (2011). Digilog Book For Temple Bell Tolling Experience Based On Interactive Augmented Reality. *Virtual Reality*, 15(4), 295-309.
- Hall, T., dan Bannon, L. (2006). Designing Ubiquitous Computing To Enhance Children's Learning in Museums. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22 (4), 231 - 243.
- Harle, M. dan Towns, M. (2010). A Review Of Spatial Ability Literature, Its Connection To Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education* 88, 351-60.
- Hegarty, M. (2010). Components of Spatial Intelligence. *Psychology of Learning and Motivation*, 52, 265-297.
- Hegarty, M. (2014). Spatial Thinking in Undergraduate Science Education. *Spatial Cognition and Computation*.
- Hegarty, M., Canham, M., dan Fabrikant, S. I. (2010). Thinking About The Weather: How Display Saliency And Knowledge Affect Performance In A Graphic Inference Task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 37-53.
- Hegarty, M., dan Kozhevnikov, M. (1999). Types of Visual–Spatial Representations and Mathematical Problem Solving. *Journal Of Educational Psychology*, 91(4), 684.
- Hegarty, M., dan Waller, D. (2005). Individual Differences in Spatial Abilities. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*, 121-169.
- Hobson, S. M., Trundle, K. C., dan Saçkes, M. (2010). Using a Planetarium Software Program to Promote Conceptual Change With Young Children. *Journal of Science Education and Technology*, 19 (2), 165 – 176.
- Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its Influence On Learning With Visualizations. A Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review*, 22(3), 245-269.
- Höffler, T. N., dan Leutner, D. (2011). The Role Of Spatial Ability In Learning From Instructional Animations – Evidence For An Ability-As-Compensator Hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209–216.
- Höllerer, T., dan Feiner, S. (2004). Mobile Augmented Reality. Dalam Karimi H.A, Hammad A (eds) *Telegeoinformatics: location-based computing and services* (pp. 392–421) CRC Press.

- Hooven, C. K., Chabris, C. F., Ellison, P. T., Kievit, R. A., dan Kosslyn, S. M. (2004). The Sex Difference on Mental Rotation Tests Is Not Necessarily a Difference in Mental Rotation Ability. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 1002-1018.
- Hsiao, K. F. (2010). The Effects of Augmented Reality on Learning. *Studies in Health Technology And Informatics*, 154, 160-164.
- Hsu, Y. S., Lai, T. L., & Hsu, W. H. (2015). A design model of distributed scaffolding for inquiry-based learning. *Research in Science Education*, 45(2), 241-273.
- Huang, H.-M., Rauch, U., dan Liaw, S.-S. (2010). Investigating Learners' Attitudes Toward Virtual Reality Learning Environments: Based On A Constructivist Approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171 – 1182.
- Huang, H.-W., Wu, C.-W., dan Chen, N.-S. (2012). The Effectiveness Of Using Procedural Scaffoldings In A Paper-Plus-Smartphone Collaborative Learning Context. *Computers & Education*, 59(2), 250-259.
- Huk T. (2006). Who Benefits From Learning With 3D Models? The Case Of Spatial Ability. *J Comput Assist Learn* 22:392–404
- Huk, T., Steinke, M., dan Floto, C. (2003). The Influence Of Visual Spatial Ability On The Attitude Of Users Towards High-Quality 3D-Animations In Hypermedia Learning Environments. *Proceedings of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, USA, 1038-1041.
- Iserbyt, P., dan Byra, M. (2013). The design of instructional tools affects secondary school students' learning of Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) in reciprocal peer learning: A randomized controlled trial. *Resuscitation*, 84(11), 1591-1595.
- Issa, N., Mayer, R. E., Schuller, M., Wang, E., Shapiro, M. B., dan DaRosa, D. A. (2013). Teaching for understanding in medical classrooms using multimedia design principles. *Medical education*, 47(4), 388-396.
- Jamalludin Harun dan Zaidatun Tasir (2003). *Multimedia Dalam Pendidikan*. Bentong: PTS Publications & Distributors Sdn. Bhd.
- Jansen, P., Schmelter, A., Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S., dan Heil, M. (2013). Mental Rotation Performance In Primary School Age Children: Are There

- Gender Differences In Chronometric Tests?. *Cognitive Development*, 28(1), 51-62.
- Johnson L, Smith R, Willis H, Levine A, Haywood K (2011). The 2011 Horizon Report. *The New Media Consortium*, Austin.
- Jones, M. G., Minogue, J., Tretter, T. R., Negishi, A., dan Taylor, R. (2006). Haptic Augmentation Of Science Instruction: Does Touch Matter? *Science Education*, 90(1), 111-123.
- Juan CM, Toffetti G, Abad F, dan Cano J (2010) Tangible Cubes Used As The User Interface In An Augmented Reality Game For Edutainment. Dalam: 2010 *10th IEEE international conference on advanced learning technologies*, pp 599–603.
- Kalyuga S., Ayres P., Chandler P. dan Sweller J. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*. 38, 23–32.
- Kandikonda, K. (2011). Using Virtual Reality And Augmented Reality To Teach Human Anatomy . Unpublished doctoral dissertation. Ohio: The University of Toledo.
- Kaufmann, H. (2004). *Geometry Education With Augmented Reality*. Doktor Falsafah. Vienna University of Technology.
- Kaufman, S. B. (2007). Sex Differences In Mental Rotation And Spatial Visualization Ability: Can They Be Accounted For By Differences In Working Memory Capacity? *Intelligence* , 35(3), 211–223.
- Kaufmann, H., dan Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27(3), 339 – 345.
- Kaufmann, H., Steinbugl, K., Dunser, A ., dan Gluck, J. (2005). General Training Of Spatial Abilities By Geometry Education in Augmented Reality. *Cyberpsychology & Behavior*, 8(4), 330.
- Kearney, M., dan Treagust, D. (2000). An Investigation Of The Classroom Use Of Prediction–Observation–Explanation Computer Tasks Designed To Elicit And Promote Discussion Of Students’ Conceptions Of Force And Motion. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans, USA.
- Kearney, M., dan Treagust, D. F. (2001). Constructivism As A Referent In The Design And Development Of A Computer Program Which Uses Interactive

- Digital Video To Enhance Learning In Physics. *Australian Journal of Educational Technology*, 17 (1), 64–79.
- Kearney, M., Treagust, D. F., Yeo, S., dan Zadnik, M. G. (2001). Students and Teacher Perceptions Of The Use Of Multimedia Supported Predict-Observe-Explain Task To Probe Understanding. *Research in Science Education*, 31 (4), 589–615.
- Keehner, M., Montello, D.R., Hegarty, M., dan Cohen, C. (2004). Effects of Interactivity And Spatial Ability On The Comprehension Of Spatial Relations In A 3D Computer Visualization. In *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. pp. 1576, Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kell, H. J., Lubinski, D., Benbow, C. P., dan Steiger, J. H. (2013). Creativity and Technical Innovation Spatial Ability's Unique Role. *Psychological science*, 24(9), 1831-1836.
- Kember, D. (2003). To Control Or Not To Control: The Question Of Whether Experimental Designs Are Appropriate For Evaluating Teaching Innovations In Higher Education. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 28(1), 89-101.
- Kementerian Pelajaran Malaysia (2013). *Laporan Awal Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025*. Di capai pada 18 Ogos, 2014 dari <http://www.moe.gov.my/userfiles/file/PPP/Preliminary-Blueprint-BM.pdf>
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., dan Woolard, A. (2006). “Making it real”: Exploring The Potential Of Augmented Reality For Teaching Primary School Science. *Virtual Reality*, 10(3-4), 163-174.
- Kesim, M., dan Ozarslan, Y. (2012). Augmented Reality In Education: Current Technologies And The Potential For Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302.
- Kester, L., Kirschner, P. A., dan van Merriënboer, J. J. G. (2005). The Split Attention Effect In Computer Simulated Troubleshooting Of Electrical Circuits. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 71–85
- Kien-Sin, A., dan Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (L SS): Evaluation Of An Augmented Reality Book-Based Educational Tool. Dalam *Information technology (ITSim), 2010 International Symposium*, 1 (pp. 15-17)

- Kim, E. S., dan Willson, V. L. (2010). Evaluating Pretest Effects In Pre-Post Studies. *Educational And Psychological Measurement*.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive Load Theory: Implications Of Cognitive Load Theory On The Design Of Learning. *Learning and instruction*, 12(1), 1-10.
- Klangmanee, R., dan Sumranwanich, W. (2009). The Development Of Grade 5 Thai Students' Metacognitive Strategies In Learning About Force And Pressure Through Predict Observe Explain (POE). *Third International Conference on Science and Mathematics Education (CoSMEd)*, Penang, Malaysia.
- Klatzky, R. L., Wu, B., Shelton, D., & Stetten, G. (2008). Effectiveness of augmented-reality visualization versus cognitive mediation for learning actions in near space. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 5(1), 1-23.
- Klopfer, E., dan Squire, K. (2008). Environmental Detectives—the development of an Augmented Reality Platform For Environmental Simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Klopfer, E., dan Yoon, S. (2004). Developing Games And Simulations For Today And To Tomorrow's Tech Savvy Youth. *TechTrends*, 49(3), 41-49.
- Koike, H., Sato, Y., dan Kobayashi, Y. (2001). Integrating Paper and Digital Information On Enhanceddesk: A Method For Realtime Finger Tracking on An Augmented Desk System. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 8(4), 307-322.
- Kotranza, A ., Lind, D. S., Pugh, C. M., dan Lok , B. (2009). Real-Time In-Situ Visual Feedback Of Task Performance In Mixed Environments For Learning Joint Psychomotor-Cognitive Tasks. *8th IEEE International Symposium On Mixed And Augmented Reality (ISMAR)*, Orlando, FL, 125 – 134.
- Kozhevnikov, M., Hegarty, M., dan Mayer, R. E. (2002). Revising The Visualizer - Verbalizer Dimension: Evidence For Two Types Of Visualizers. *Cognition and Instruction*, 20(1), 47–77.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. A., dan Hegarty, M. (2007). Spatial Visualization In Physics Problem Solving. *Cognitive Science*, 31(4), 549-579.
- Krauss M., Riege K., Pemberton L., dan Winter M. (2009). Remote Hands-on Experience: Distributed Collaboration with Augmented Reality. *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Proceedings of the EC"TEL 2009*, Nice, France, 5794.

- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., dan Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495-523.
- Küçüközer, H. (2007). Prospective Science Teachers' Conceptions About Astronomical Subjects. *Science Education International*, 18(2), 113– 130.
- Küçüközer, H. (2013). Designing a powerful learning environment to promote durable conceptual change. *Computers & Education*, 68, 482-494.
- Küçüközer, H., Korkusuz, M. E., Küçüközer, H. A., dan Yürümezoglu, K. (2009). The Effect Of 3D Computer Modeling And Observation-Based Instruction on the Conceptual Change Regarding Basic Concepts Of Astronomy In Elementary School Students. *Astronomy Education Review*, 43 (6), 40–58.
- Küçüközer, H., Küçüközer, A ., Yürümezoglu, K., dan Korkusuz, M. E. (2010). Elementary School Students' Conceptions Regarding Astronomical Phenomena. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 5 (1), 521 – 537.
- Laird, D., dan Schleger, P. R. (1985). *Approaches To Training And Development* (2nd. ed.). Reading, MA: Perseus Books.
- Lamanauskas, V., Pribeanu, C., Vilkonis, R., Iordache, D. D., dan Klangauskas, A. (2007). Evaluating the Educational Value And Usability Of An Augmented Reality Platform For School Environments: Some Preliminary Results. Mathematics And Computers In Science And Engineering. *World Scientific and Engineering Academy and Society Press*, 86-91.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159 – 174.
- Lau, N., Oxley, A., dan Nayan, M. Y. (2012). An Augmented Reality Tool to Aid Understanding of Protein Loop Configuration. *International Conference on Computer & Information Science (ICCIS)*, 12-14 Jun. Kuala Lumpur, 500-505.
- Lee, S. H., Choi, J., dan Park, J. I. (2009). Interactive E-Learning System Using Pattern Recognition And Augmented Reality. *Consumer Electronics*, 55(2), 883-890.
- Lee, E. A. L., dan Wong, K. W. (2014). Learning With Desktop Virtual Reality: Low Spatial Ability Learners Are More Positively Affected. *Computers & Education*, 79, 49-58.

- Li, Q., Moorman, L., & Dyjur, P. (2010). Inquiry-based learning and e-mentoring via videoconference: a study of mathematics and science learning of Canadian rural students. *Educational Technology Research and Development*, 58(6), 729-753.
- Liarokapis, F. (2002). Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning (MARIE). *World Trans. on Engineering and Technology Education*, 1(2), 173-176.
- Liarokapis, F., dan Anderson, E. F. (2010). Using Augmented Reality as a Medium to Assist Teaching in Higher Education. *Eurographics Norrköping, Sweden*, 9 -16 .
- Liarokapis, F., Mourkoussis, N., White, M., Darcy, J., Sifniotis, M., dan Petridis, P. (2004). Web 3D and Augmented Reality To Support Engineering Education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3 (1), 11-14.
- Lin, H. C. K., Chen, M. C., dan Chang, C. K. (2015). Assessing the Effectiveness Of Learning Solid Geometry By Using An Augmented Reality-Assisted Learning System. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810.
- Lin, T. J., Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Tsai, C. C., dan Liang, J. C. (2012). Behavioral Patterns And Learning Performance Of Collaborative Knowledge Construction On An Augmented Reality System. *12th International Conference On Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Rome, Italy
- Linn, M. C., dan Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization Of Sex Differences In Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56, 1479 – 1498
- Liu, T. Y. (2009). A Context-Aware Ubiquitous Learning Environment For Language Listening And Speaking. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(6), 515 – 527.
- Liu, T.Y., Tan, T.H., dan Chu, Y.L. (2009). Outdoor Natural Science Learning With An RFID-Supported Immersive Ubiquitous Learning Environment. *Educational Technology & Society*, 12 (4), 161 – 175.
- Liu, T. Y., Tan, T. H., dan Chu, Y. L. (2010). QR code and Augmented Reality-Supported Mobile English Learning System. *Mobile multimedia processing* (pp. 37-52). Springer Berlin Heidelberg.
- Liu, W., Cheok, A. D., Mei-Ling, C. L., dan Theng, Y. L. (2007). Mixed Reality Classroom: Learning From Entertainment. *Proceedings of the 2nd*

international conference on Digital interactive media in entertainment and arts, 65-72.

- Lohman, D. F. (1988). Spatial Abilities As Traits, Processes, and Knowledge. Dalam R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 181-428). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lohman, D. F. (1994). Spatially Gifted, Verbally Inconvenienced. Dalam N. Colangelo, S. G. Assouline, dan D. L. Ambrosion (Eds.). Talent development. *Proceedings from the 1993 Henry B. and Jocelyn Wallace National Research Symposium on Talent Development* (pp. 251-264). Dayton, OH: Ohio Psychology Press.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial Ability. Dalam I. Dennis dan P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and measurement* (pp. 97-116). Hilldale, NJ: Erlbaum.
- Longhurst, J. (2003). World History on the World Wide Web: A Student Satisfaction Survey And A Blinding Flash Of The Obvious. *The History Teacher*, 36 (3), 343-356.
- Lorenzo, M. (2005). The Development, Implementation, And Evaluation Of A Problem Solving Heuristic. *International Journal of Science and Mathematics Education* , 3 , 33 -58.
- Lu, S. J., dan Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.
- Lustria, M. L. A. (2007). Can Interactivity Make A Difference? Effects Of Interactivity On The Comprehension Of And Attitudes Toward Online Health Content. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(6), 766-776.
- Maeda, Y., dan Yoon, S. Y. (2013). A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT: R). *Educational Psychology Review*, 25(1), 69-94.
- Maizam Alias dan Bazlina Basarahim (2010). Spatial Visualization Ability of Technical Students with Special Needs. *International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering*. Jun 7-9. Kuching, Sarawak: . RCEE & RHed

- Mahadzir, N. N. N., dan Phung, L. F. (2013). The Use of Augmented Reality Pop-Up Book to Increase Motivation in English Language Learning For National Primary School. *Journal of Research & Method in Education*, 1(1), 26-38.
- Maqableh, W. F., dan Sidhu, M. S. (2010). From boards to augmented reality learning. In *Information Retrieval & Knowledge Management,(CAMP), 2010 International Conference on IEEE*. 17-18 Mac. Selangor, 184-187.
- Margetis, G., Koutlemanis, P., Zabulis, X., Antona, M., dan Stephanidis, C. (2011). A smart environment for augmented learning through physical books. *International Conference on Multimedia and Expo ICME 2011*, Barcelona, Spain.
- Martin-Gutierrez, J., Saorin, J. L., Contero, M., Alcaniz, M., Perez-Lopez, D. C., dan Ortega, M. (2010). Design and Validation Of An Augmented Book For Spatial Abilities Development In Engineering Students. *Computers & Graphics*, 34 (1), 77– 91.
- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., dan Alcañiz, M. (2015). Augmented Reality To Training Spatial Skills. *Procedia Computer Science*, 77, 33-39.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-Spatial Thinking: An Aspect Of Science Overlooked By Educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of learning and motivation*, 41, 85-139.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., dan 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.
- McGrath, R. E., Craig, A., Bock, D., dan Rocha, R. (2011). Augmented Reality for an Ethnobotany Workbook. *Urbana-Champaign: Institute for computing in the humanities, social sciences and arts (I-CHASS)*, University of Illinois.
- McKenzie, J., dan Darnell, D. (2003). The EyeMagic Book: A Report into Augmented Reality Storytelling in the Context of a Children's Workshop. *NZ: Centre for Children's Literature, Christchurch College of Education*.

- Medina, E., Chen, Y. C., dan Weghorst, S. (2007). Understanding Biochemistry With Augmented Reality. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. 1, 4235-4239.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Cifuentes, L., Kwok, O., dan Davis, T. J. (2013). Exploring 3-D Virtual Reality Technology For Spatial Ability And Chemistry Achievement. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 579-590.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O., Cifuentes, L., dan Davis, T. J. (2012). The Learner Characteristics, Features Of Desktop 3D Virtual Reality Environments, And College Chemistry Instruction: A Structural Equation Modeling Analysis. *Computers and Education*, 59(2), 551–568
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A ., dan Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class Of Displays On The Reality– Virtuality Continuum. *Proceedings the SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282 – 292.
- Miller, D. I., dan Halpern, D. F. (2013). Can spatial training improve long-term outcomes for Gifted STEM undergraduates?. *Learning and Individual Differences*, 26, 141-152.
- Milner-Bolotin, M., dan Nashon, S. M. (2012). The Essence Of Student Visual– Spatial Literacy And Higher Order Thinking Skills In Undergraduate Biology. *Protoplasma*, 249(1), 25-30.
- Moè, A., Meneghetti, C., dan Cadinu, M. (2009). Women and Mental Rotation: Incremental Theory And Spatial Strategy Use Enhance Performance. *Personality and Individual Differences*, 46(2), 187-191.
- Mohd Razali, N., dan Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro– Wilk, Kolmogorov–Smirnov, Lilliefors and Anderson–Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33.
- Mohd Safarin Nordin dan Muhammad Sukri Saud. (2007). Kajian Awal Terhadap Kebolehan Ruang Pelajar-Pelajar Pengajian Kejuruteraan Di Sekolah-Sekolah Menengah Teknik. *1st International Malaysian Educational Technology Convention*. 1196-1203.
- Mohamad Najib Abdul Ghafar (1999). *Penyelidikan Pendidikan*. Johor : Universiti Teknologi Malaysia.

- Mohamad Najib Abdul Ghafar (2003). *Rekabentuk Tinjauan - Soal Selidik Pendidikan*. Johor : Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohd Majid Konting (2005). *Kaedah Penyelidikan Pendidikan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Moffat, S. D., Hampson, E., dan Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a “Virtual” Maze: Sex Differences And Correlation With Psychometric Measures Of Spatial Ability In Humans. *Evolution and Human Behavior*, 19(2), 73-87.
- Mohler, J. L. (2006). *Examining The Spatial Ability Phenomenon From The Student’s Perspective*. Doktor Falsafah, Purdue University. West Lafayette, Indiana.
- Moore, M. G. (1993). Three types of interaction. Dalam K. Harry, M . John, & D. Keegan (Eds.), *Distance education: New perspectives*. London: Routledge.
- Moore, A. H., Fowler, S. B., dan Watson, C. E. (2007). Active Learning and Technology: Designing Change for Faculty, Students, and Institutions. *Educause Review*, 42(5), 42.
- Molenda, M., Pershing, J. A., dan Reigeluth, C. M. (1996). Designing Instructional Systems. Dalam R. L. Craig (Ed.), *The ASTD training and development handbook (4th ed.)*. (pp. 266– 293) New York: McGraw-Hill
- Moreau, D. (2012). Training Spatial Ability: Comment on Pietsch and Jansen (2012) and Prospective Research Trends. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 882-883.
- Moreno, R., dan Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of educational psychology*, 91(2), 358.
- Morris, M. R., Brush, A. J. B., dan Meyers, B. R. (2007). Reading Revisited: Evaluating The Usability Of Digital Display Surfaces For Active Reading Tasks. *Proceedings of the Second Annual IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer System*, 1, 79- 86.
- Morrison, A., Oulasvirta, A., Peltonen, P., Lemmela, S., Jacucci, G., Reitmayr, G., dan Juustila, A. (2009). Like Bees Around The Hive: A Comparative Study Of A Mobile Augmented Reality Map. Dalam *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1889-1898). ACM.

- Münzer, S., Seufert, T., dan Brünken, R. (2009). Learning from Multimedia Presentations: Facilitation Function Of Animations And Spatial Abilities. *Learning and Individual Differences*, 19(4), 481-485.
- Münzer, S. (2015). Facilitating Recognition Of Spatial Structures Through Animation And The Role Of Mental Rotation Ability. *Learning and Individual Differences*, 38, 76-82.
- National Academy of Sciences. (2006). *Learning to think spatially: GIS as a support system in the K-12 curriculum*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Institute of Child Health and Human Development. (2000). *Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction* Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Nation, K., Clarke, P., dan Snowling, M. J. (2002). General Cognitive Ability In Children With Reading Comprehension Difficulties. *British Journal of Educational Psychology*, 72, 549-560.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Nazareth, A., Herrera, A., dan Pruden, S. M. (2013). Explaining Sex Differences In Mental Rotation: Role Of Spatial Activity Experience. *Cognitive processing*, 14(2), 201-204.
- Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early Education For Spatial Intelligence: Why, what, and how. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111.
- Newcombe, N. S. (2010). Picture This: Increasing Math and Science Learning by Improving Spatial Thinking. *American Educator*, 34(2), 29.
- New Media Consortium (NMC) (2010) The 2010 horizontal report. Dicapai pada 5 Mac, 2013 dari <http://wp.nmc.org/horizon2010/>.
- New Media Consortium (NMC) (2011) The 2011 horizontal report. Dicapai pada 5 Mac, 2013 dari <http://wp.nmc.org/horizon2011/>.

- New Media Consortium (NMC) (2012) The 2012 horizontal report. Di capai pada Mac, 2013 dari <http://www.nmc.org/publications/horizon-report-2012-highered-edition>.
- Nickels, S., Sminia, H., Mueller, S. C., Kools, B., Dehof, A. K., Lenhof, H., dan Hildebrandt, A. (2012). ProteinScanAR-An Augmented Reality Web Application For High School Education In Biomolecular Life Sciences. *Information Visualisation (IV), 2012 16th International Conference on*, IEEE. 11-13 July 2012, Montpellier, 578 – 583.
- Nischelwitzer, A., Lenz, F. J., Searle, G., dan Holzinger, A. (2007). Some Aspects Of The Development Of Low-Cost Augmented Reality Learning Environments As Examples For Future Interfaces In Technology Enhanced Learning. *Universal access in human-computer interaction. Applications and services* (pp. 728-737). Springer Berlin Heidelberg.
- Núñez M., Quiros R., Núñez I., Carda J.B., dan Camahort E. (2008). Collaborative Augmented Reality For Inorganic Chemistry Education, *Proceedings of the 5th WSEAS/IASME international conference on Engineering education*, Heraklion, 271-277.
- Nussbaum, J. (1979). Children's Conception Of The Earth As A Cosmic Body: A Cross Age Study. *Science Education*, 63 (1), 83– 93.
- O'Shea, P. (2008). Developing an Augmented Reality Game: Lessons Learned From Gray Anatomy. Dalam K. McFerrin vd (Ed.), *Proceedings of society for information technology and teacher education international conference* (pp. 1776 e1777). Chesapeake, VA: AACE
- O'Shea, P. M., Dede, C., dan Cherian, M. (2011). Research Note: The Results of Formatively Evaluating an Augmented Reality Curriculum Based on Modified Design Principles. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, 3(2), 57-66.
- Oh, S., dan Byun, Y. C. (2012). The Design And Implementation Of Augmented Reality Learning Systems. Dalam *Computer and information science IEEE/ACIS 11th international conference*, 651 -654
- Oh, S., dan Woo, W. (2008). ARGarden: Augmented edutainment system with a learning companion. Dalam *Transactions on edutainment I* (pp. 40-50). Springer Berlin Heidelberg.

- Osman, G. (2008). *Scaffolding critical discourse in online problem-based scenarios*. ProQuest.
- Owen-Jackson, G. (2015). *Learning to Teach Design And Technology In The Secondary School: A Companion To School Experience*. Routledge.
- Ozcelik, E., dan Acarturk, C. (2011). Reducing the Spatial Distance Between Printed And Online Information Sources By Means Of Mobile Technology Enhances Learning: Using 2D barcodes. *Computers & Education*, 57(3), 2077-2085.
- Ozdemir, G. (2010). Exploring Visuospatial Thinking In Learning About Mineralogy: Spatial Orientation Ability And Spatial Visualization Ability. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 737-759.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Park, B., Münzer, S., Seufert, T., dan Brünken, R. (2016). The role of Spatial Ability When Fostering Mental Animation In Multimedia Learning: An ATI-study. *Computers in Human Behavior*, 64, 497-506.
- Pallant, J. (2001). *SPSS survival Manual*. NSW: Allen & Unwin
- Palmer, D. (1995). The POE in the Primary School: An Evaluation. *Research in Science Education*, 25(3), 323–332.
- Pedrosa, M. A., dan Dias, M. H. (2000). Chemistry Textbook Approaches To Chemical Equilibrium And Student Alternative Conceptions, *Chemistry Education: Research and Practise in Europe*, 1(2), 227-236.
- Pence, H. E. (2010). Smartphones, Smart Objects, And Augmented Reality. *The Reference Librarian*, 52(1-2), 136-145.
- Persson, P. B., Cooper, M. D., Tibell, L. A. E., Ainsworth, S., Ynnerman, A., dan Jonsson, B. H. (2007). Designing and Evaluating A Haptic System For Biomolecular Education. *Virtual Reality Conference*, Charlotte, NC. 171-178.
- Peterson, C. (2003). Bringing ADDIE to life: Instructional design at its best. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12(3), 227-241.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., dan Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental Rotations Test-Different Versions And Factors That Affect Performance. *Brain and cognition*, 28(1), 39-58.

- Pfundt, H. dan Duit, R. (2000). Student Alternative Frameworks and Science Education. Germany. Leibniz-Institute for science education. Di capai pada 5 September, 2014, dari: <http://www.eric.ed.gov/pdfs/ed342643.pdf>.
- Piburn, M. D., Reynolds, S. J., Leedy, D. E., McAuliffe, C. M., Birk, J. P., dan Johnson, J. K. (2002). The Hidden Earth: Visualization Of Geologic Features And Their Subsurface Geometry. Dalam *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA*.
- Pietsch, S., dan Jansen, P. (2012). Different Mental Rotation Performance In Students Of Music, Sport And Education. *Learning and Individual Differences*, 22(1), 159-163.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial Thinking As The Dimension Of Progress In An Astronomy Learning Progression. *Studies in Science Education*, 1-45.
- Plummer, J. D., Kocareli, A., dan Slagle, C. (2013). Learning to Explain Astronomy Across Moving Frames of Reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 1-24.
- Quaiser-Pohl, C., Geiser, C., dan Lehmann, W. (2006). The Relationship Between Computer-Game Preference, Gender, And Mental-Rotation Ability. *Personality and Individual differences*, 40(3), 609-619.
- Quintero, E., Salinas, P., González-Mendivil, E., dan Ramírez, H. (2015). Augmented Reality app for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization. *Procedia Computer Science*, 75, 301-305.
- Radu I, dan MacIntyre B (2012) Using Children's Developmental Psychology To Guide Augmented-Reality Design And Usability. Dalam 2012 *IEEE international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR)*, 227–236
- Radu, I. (2014). Augmented Reality In Education: A Meta-Review And Cross-Media Analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1-11.
- Rafi, A., Samsudin, K. A dan Said, C. H. (2008). Training In Spatial Visualization: The Effects Of Training Method And Gender. *Educational Technology & Society*. 11(3), 127-140.
- Rambli, D. R. A., Matcha, W., dan Sulaiman, S. (2013). Fun Learning with AR Alphabet Book for Preschool Children. *Procedia Computer Science*, 25, 211-219.

- Rasimah, C. M. Y., Halimah, B. Z., dan Azlina, A. (2011). Evaluation of User Acceptance of Mixed Reality Technology, *Australian Journal of Educational Technology*, 27(8), 1369-1387.
- Reilly, D., Neumann, D. L., dan Andrews, G. (2015). Sex Differences In Mathematics And Science Achievement: A Meta-Analysis Of National Assessment Of Educational Progress Assessments. *Journal of Educational Psychology*, 107(3), 645.
- Rhoads, C. (2011). Extensions of Existing Methods for Use with a New Class of Experimental Designs Useful when There Is Treatment Effect Contamination. *Society for Research on Educational Effectiveness*.
- Robertson, S. (2006). What's wrong with online readings? Text, hypertext, and the history web. *The History Teacher*, 441-454.
- Rossett, A. (1987). Training needs assessment. Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.
- Rosenbaum, E., Klopfer, E., dan Perry, J. (2007). On Location Learning: Authentic Applied Science With Networked Augmented Realities. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 31–45
- Roth, W-M. (2001). Situated cognition. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(1&2), 27-61.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., dan van der Veen, J. T. (2012). The Learning Effects Of Computer Simulations In Science Education. *Computers and Education*, 58(1), 136–153.
- Russell, D., Lucas, K. B., dan McRobbie, C. J. (1999). Microprocessor Based Laboratory Activities as Catalysts for Student Construction of Understanding in Physics.
- Saçkes, M., Trundle, K. C., dan Krissek , L. (2011). The Impact Of A Summer Institute On Inservice Early Childhood Teachers' Knowledge Of Earth And Space Science Concepts. *The Science Educator*, 20(1), 23– 33.
- Salthouse, T. A., Babcock, R. L., Skovronek, E., Mitchell, D. R. D., dan Palmon, R. (1990). Age and Experience Effects In Spatial Visualisation. *Development Psychology*, 26, 128-136.
- Salvador-Herranz, G., Pérez-López, D., Alcañiz, M., dan Contero, M. (2011). Augmented reality At The Primary School: A Pilot Study on a Natural

- Sciences course. *Proceedings of the AcrossSpaces11 Workshop in conjunction with the EC-TEL 2011, Palermo*. 29.
- Sanchez, C. A., dan Wiley, J. (2014). The Role Of Dynamic Spatial Ability In Geoscience Text Comprehension. *Learning and Instruction*, 31, 33-45.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., dan Kato, H. (2014). Augmented Reality Learning Experiences: Survey Of Prototype Design And Evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38-56.
- Scherrer, C., Pilet, J., Fua, P., dan Lepetit, V. (2008). The Haunted Book. *Proceedings of the 7th IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 163-164.
- Schnier, C., Pitsch, K., Dierker, A., dan Hermann, T. (2011). Collaboration in Augmented Reality: How to Establish Coordination And Joint Attention?. Dalam *ECSCW 2011: Proceedings of the 12th European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 24-28 September 2011, Aarhus Denmark, 405-416.
- Setozaki, N., Iwasaki, T., dan Morita, Y. (2012). Examination of Effective Information Presentation Using an AR Textbook. 20th *International Conference on Computers in Education*, Singapore.
- Shapiro, S. S dan Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52 (3/4), 591 – 611.
- Sharp, J. G. (1996). Children's Astronomical Beliefs: A Preliminary Study Of Year 6 Children In South-West England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685 – 712.
- Shea, D. L., Lubinski, D., dan Benbow, C. P. (2001). Importance of Assessing Spatial Ability In Intellectually Talented Young Adolescents: A 20-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93, 604–614.
- Shelton, B. E. (2003). *How augmented reality helps students learn dynamic spatial relationships*. Doktor Falsafah, University of Washington.
- Shelton, B. E., dan Hedley, N. R. (2002). Using Augmented Reality For Teaching Earth-Sun Relationship To Undergraduate Geography Students. *The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*. Darmstadt, Germany: IEEE, 1-8.

- Shelton, B. E., dan Hedley, N. R. (2004). Exploring a Cognitive Basis For Learning Spatial Relationships With Augmented Reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(4), 323.
- Shelton, B., dan Stevens, R. (2004). Using Coordination Classes To Interpret Conceptual Change In Astronomical Thinking. *Proceedings of the 6th international conference for the learning sciences*. Lawrence Erlbaum & Associates, Mahweh, NJ.
- Shen, J., dan Eder, L. B. (2009). Intentions to Use Virtual Worlds For Education. *Journal of Information System Education*, 20 (2), 225 – 233.
- Simeone, L., Iaconesi, S., dan Monaco, F. (2011). As We May Remix: REFF Book and the Augmented Press Experience. *11th International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT 2011*, Athens, GA.
- Sielhorst, T., Obst, T., Burgkart, R., Riener, R., dan Navab, N. (2004). An Augmented Reality Delivery Simulator For Medical Training. *International Workshop on Augmented Environments for Medical Imaging - MIC -CAI Satellite Workshop*. AMI-ARCS. 11-20.
- Singh, S., Cheok, A. D., Ng, G. L., dan Farbiz, F. (2004). 3D Augmented Reality Comic Book And Notes For Children Using Mobile Phones. *Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community*, 149-150.
- Sin, A. K., dan Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality Book-Based Educational Tool. *International Symposium in Information Technology ITSIM 2010*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Singhal S. , Bagga S, Goyal P dan Saxena V (2012). Augmented Chemistry: Interactive Education System. *International Journal of Computer Applications* 49(15) 1-5.
- Slijepcevic, N. (2013). *The Effect of Augmented Reality Treatment on Learning, Cognitive Load, and Spatial Visualization Abilities*. Doktor Falsafah. University of Kentucky.
- Smith, M. (2008). Meta-analysis of Studies Correlating Spatial Ability To Academic Achievement in STEM. *26th annual conference of the Rocky Mountain Educational Research Association*, Lake Tahoe, NV.

- Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D Program In Reading Comprehension*. Rand Corporation.
- Sommerauer, P., dan Müller, O. (2014). Augmented Reality In Informal Learning Environments: A Field Experiment In A Mathematics Exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.
- Sorby, S. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459-480.
- Sorby, S.A., (2001). A Course In Spatial Visualization And Its Impact On The Retention Of Female Engineering Students: *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 7, 153-172.
- Sotiriou, S., dan Bogner, F. X. (2008). Visualizing the Invisible: Augmented Reality As An Innovative Science Education Scheme. *Advanced Science Letters*, 1,114– 122.
- Squire, K., dan Jan, M. (2007). Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills With A Place-Based Augmented Reality Game On Handheld Computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5–29.
- Squire, K., dan Klopfer, E. (2007). Augmented Reality Simulations On Handheld Computers. *Journal of the Learning Sciences*, 16 (3), 371 – 413.
- Stieff, M., Hegarty, M., dan Dixon, B. (2010). Alternative Strategies For Spatial Reasoning With Diagrams. Dalam *Diagrammatic representation and inference* (pp. 115-127). Springer Berlin Heidelberg.
- Stieff, M., dan Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement?. *Educational Psychology Review*, 27(4), 607-615.
- Strickland, A.W. (2006). ADDIE. Idaho State University College of Education Science, Math & Technology Education. Di capai pada 14 Jun 2013 dari [http:// ed.isu.edu/addie/index. html](http://ed.isu.edu/addie/index.html).
- Strijbos, J. W., Martens, R. L., Prins, F. J., dan Jochems, W. M. (2006). Content Analysis: What Are They Talking About?. *Computers & Education*, 46(1), 29-48.
- Strong, S., dan Smith, R. (2002). Spatial Visualization: Fundamentals and Trends In Engineering Graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18(1), 1-5.

- Suchanska M. dan Keczkowska J. (2007). Some Aspects Of Employing The Moodle Platform As A Tool For Enhancing The Teaching And Learning Process, *Proceeding International Conference on Computer as a Tool EUROCON*, 2465
- Suh, J., dan Moyer, P. S. (2007). Developing Students' Representational Fluency Using Virtual And Physical Algebra Balances. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(2), 155.
- Sumadio, D. D., dan Rambli, D. R. A . (2010). Preliminary Evaluation On User Acceptance Of The Augmented Reality Use For Education. Dalam *Proceedings of Second International Conference On Computer Engineering And Applications* (pp. 461-465)
- Sung, H. Y., dan Hwang, G. J. (2013). A Collaborative Game-Based Learning Approach To Improving Students' Learning Performance In Science Courses. *Computers & Education*, 63, 43-51.
- Sutton, K., Williams, A., Tremain, D., dan Kilgour, P. (2016). University Entry Score: Is It A Consideration For Spatial Performance In Architecture Design Students?. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14(2).
- Sweller, J., Ayres, P., dan Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory. Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies*. New York: Springer.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity And Intrinsic, Extraneous, And Germane Cognitive Load. *Educational psychology review*, 22(2), 123-138.
- Tabbers, H. K., Martens, R. L., dan van Merriënboer, J. J. (2004). Multimedia Instructions Andcognitive Load Theory: Effects Of Modality And Cueing. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 71-81
- Taketa, N., Hayashi, K., Kato, H., dan Noshida, S. (2007). Virtual Pop-Up Book Based On Augmented Reality. Dalam *Human Interface and the Management of Information. Interacting in Information Environments* (pp. 475-484). Springer Berlin Heidelberg.
- Tan, S. C., So, H. J., dan Chai, C. S. (2011). Methodological Considerations For Quantitative Content Analysis Of Online Interactions. Dalam B.K Daniel (Ed), *Handbook of research on methods and techniques for studying virtual communities: Paradigms and phenomena 2* (Vols), 611-630.

- Tang, A., Owen, C., Biocca, F., dan Mou, W. (2003). Comparative Effectiveness Of Augmented Reality In Object Assembly. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Fort Lauderdale, FL, 73-80.
- Tanner K, Allen D (2005). Approaches to biology teaching and learning: understanding the wrong answers-teaching toward conceptual change. *Cell Biol Educ* 4, 112–117.
- Tao, P. K., dan Gunstone, R. F. (1999). The Process Of Conceptual Change In Force And Motion During Computer-Supported Physics Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7), 859 – 882.
- Tekin, S. (2008). Improving the effectiveness of chemistry laboratory of action research approach, *Kastamonu University Kastamonu Education Journal*, 16(2), 567–576
- Titze, C., Jansen, P., dan Heil, M. (2010). Mental Rotation Performance And The Effect Of Gender In Fourth Graders And Adults. *European Journal of Developmental Psychology*, 7(4), 432-444.
- Thurstone, L. L. (1950). Some Primary Abilities In Visual Thinking. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 94(6), 517-521
- Thomas, R. G., John, N. W., dan Delieu, J. M. (2010). Augmented Reality For Anatomical Education. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 33 (1), 6 -15.
- Trumper, R. (2001). A Cross-Age Study Of Senior High School Students' Conceptions Of Basic Astronomy Concepts. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 97 – 109 .
- Trumper, R. (2006). Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts— Seasonal Changes—At A Time Of Reform In Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 879-906.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., Christopher, J. E., dan Saçkes, M. (2010). The Effect Of Guided Inquiry Based Instruction On Middle School Students ' Understanding Of Lunar Concepts. *Research in Science Education*, 40 (3), 451 – 478 .
- Tuckey, H., Selvaratnam, M., dan Bradley, J. (1991). Identification and Rectification Of Student Difficulties Concerning Three-Dimensional Structures, Rotation, And Reflection. *Journal of Chemical Education* , 68, 460–464

- Ucelli, G., Conti, G., De Amicis, R., dan Servidio, R. (2005). Learning Using Augmented Reality Technology: Multiple Means Of Interaction For Teaching Children The Theory Of Colours. In *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (pp. 193-202). Springer Berlin Heidelberg.
- Uluyol C. dan Agca R. K (2012) Integrating Mobile Multimedia Into Textbooks: 2D Barcodes. *Journal Computers & Education*. 59(4), 1192-1198
- Uttal, D. H., dan Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why and how. *Psychology of learning and motivation*, 57, 147-181.
- Urhahne, D., Nick, S., dan Schanze, S. (2009). The Effect Of Three-Dimensional Simulations On The Understanding Of Chemical Structures And Their Properties. *Research in Science Education*, 39(4), 495-513.
- Uttal DH, Meadow NG, Tipton E, Hand LL, Alden AR, dan Warren C, (2013). The Malleability Of Spatial Skills: A Meta-Analysis Of Training Studies. *Psychol. Bull.* 139: 352–402.
- Uttal, D. H., Miller, D. I., dan Newcombe, N. S. (2013). Exploring and Enhancing Spatial Thinking Links To Achievement In Science, Technology, Engineering, And Mathematics?. *Current Directions in Psychological Science*, 22(5), 367-373.
- Valanides, N., Gritsi, F., Kampeza, M., dan Ravanis, K. (2000). Changing Pre-School Children's Conceptions of the Day/Night Cycle. *Int. J. Early Years Educ.*, 8, 27
- Van Boxtel, C., Van der Linden, J., dan Kanselaar, G. (2000). Collaborative Learning Tasks And The Elaboration Of Conceptual Knowledge. *Learning and instruction*, 10(4), 311-330.
- Vandenberg, S. G., dan Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, A Group Test Of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and motor skills*.
- Vate-U-Lan, P. (2011). Augmented Reality 3D Pop-Up Children Book: Instructional Design For Hybrid Learning. *5th International Conference on e-Learning in Industrial Electronics ICELIE 2011*, Melbourne, Australia.
- Vederhus, L., dan Krekling, S. (1996). Sex Differences In Visual Spatial Ability In 9-Year-Old Children. *Intelligence*, 23(1), 33-43.
- Veldhuis, G. A., dan Korzilius, H. (2016). Seeing with the Mind: The Relationship Between Spatial Ability and Inferring Dynamic Behaviour from Graphs. *Systems Research and Behavioral Science*.

- Vosniadou, S., dan Brewer, W. F. (1992). Mental Models Of The Earth: A Study Of Conceptual Change In Childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), 535 – 585
- Voyer, D., dan Sullivan, A. (2003). The Relation Between Spatial And Mathematical Abilities: Potential Factors Underlying Suppression. *International Journal of Psychology*, 38(1), 11-23.
- Wagner D dan Barakonyi Y (2003). Augmented Reality Kanji Learning. *Proceedings of the 2nd IEEE/ACM Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2003)*, IEEE Computer Society Press, 335-336
- Waldner M, Hauber J, Zauner J, Haller M, dan Billinghamurst M. (2006). Tangible Tiles: Design and Evaluation of a Tangible User Interface in A Collaborative Tabletop Setup. *Proceedings of the 18th Australia Conference On Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts And Environments*. ACM, 151-158.
- Wang, H. C., Chang, C. Y., dan Li, T. Y. (2007). The Comparative Efficacy Of 2D-Versus 3D-Based Media Design For Influencing Spatial Visualization Skills. *Computers in Human Behavior*, 23(4), 1943-1957.
- Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., dan Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682–691.
- Wiedenbauer, G., Schmid, J., dan Jansen-Osmann, P. (2007). Manual training of mental rotation. *European Journal of cognitive psychology*, 19(1), 17-36.
- Wilhelm, J. A., dan Walters, K. L. (2006). Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37(7), 793-804.
- White, R., dan Gunstone, R. (1992). Prediction-observation-explanation. *Probing understanding*, 44-64.
- Wojciechowski, R., dan Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.
- Woods, E., Billinghamurst, M., Looser, J., Aldridge, G., Brown, D., Garrie, B dan Nelles, C. (2004). Augmenting The Science Centre And Museum Experience. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Graphics and*

- Interactive Techniques in Australasia and South East Asia (GRAPHITE '04)*, 230–236.
- Wu, H.-K., Krajcik, J.S., dan Soloway, E., (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom: *Journal of Research in Science Teaching*. 38, 821-842.
- Yang, E. M., Andre, T., Greenbowe, T. J., dan Tibell, L. (2003). Spatial Ability And The Impact Of Visualization/Animation On Learning Electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.
- Yang, H. L., dan Cheng, H. H. (2010). Creativity Of Student Information System Projects: From The Perspective Of Network Embeddedness. *Computers & Education*, 54(1), 209–221.
- Yang, K. J., Chu, H. C., dan Yang, K. H. (2015). Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities. In *Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), 2015 IIAI 4th International Congress on* (pp. 354-357). IEEE.
- Yavuz, S., dan Celik, G. (2013). The effect of predict-observe-explain (POE) technique on the misconceptions of prospective elementary teachers about the gases. *Karaelmas Egitim Bilimleri Dergisi*. 1(1), 1-20.
- Yen, J. C., Tsai, C. H., dan Wu, M. (2013). Augmented Reality In The Higher Education: Students' Science Concept Learning And Academic Achievement In Astronomy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 165-173.
- Yilmaz, R. M. (2016). Educational Magic Toys Developed With Augmented Reality Technology For Early Childhood Education. *Computers In Human Behavior*, 54, 240-248.
- Yoon, S. A ., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C., dan Tucker, S. (2012). Using Augmented Reality And Knowledge-Building Scaffolds To Improve Learning In A Science Museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7 (4), 519 -541
- Yoon, S. Y., dan Min, K. H. (2016). College Students' Performance In An Introductory Atmospheric Science Course: Associations With Spatial Ability. *Meteorological Applications*, 23(3), 409-419.
- Yue, C., Kim, J., Ogawa, R., Stark, E., & Kim, S. (2013). Applying the cognitive theory of multimedia learning: an analysis of medical animations. *Medical education*, 47(4), 375-387.

- Yuen, S. C. Y., YaoYuneyong, G., dan Johnson, E. (2013). Augmented Reality and Education: Applications and Potentials. In *Reshaping Learning* (pp. 385-414). Springer Berlin Heidelberg.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G dan Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4 (1), 119-140.
- Yusoff, R. C. M., & Zaman, H. B. (2009). Mixed Reality Book: A Visualization Tool. Dalam *Visual Informatics: Bridging Research and Practice* (pp. 326-336). Berlin Heidelberg: Springer.
- Zacharia ZC. (2007). Comparing and Combining Real and Virtual Experimentation: An Effort to Enhance Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits. *Journal Of Computer Assisted Learning*. 23(2), 120-132.
- Zainuddin, N. M. M., Zaman, H. B., dan Ahmad, A. (2009). Learning Science Using AR-Book by Blended Learning Strategies: A Case Study on Preferred Visual Needs of Deaf Students. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 9(2), 5-20.
- Zhou, J., Sun, J., Athukorala, K., Wijekoon, D., dan Ylianttila, M. (2011). Pervasive Social Computing: augmenting five facets of human intelligence. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 3(2), 153-166.
- Zhu, W., Owen, C., Li, H., dan Lee, J.-H. (2004). Personalized In-Store E-Commerce With Promopad: An Augmented Reality Shopping Assistant. *Electronic Journal for E-com -merce Tools and Applications*, 1 (3), 1-19.